1/88
38. Jahrgang
Januar 1988
S. 1–24

Verlagspostamt
Berlin



VEB VERLAG
FÜR BAUWESEN
BERLIN

Wasserwirtschaft · Wassertechnik

wwt

Dokumentation

Mikrorechnergestützte aktuelle Lageanalysen und Vorhersagen in Flußgebieten
Becker, A.; Messal, H.
In: Wasserwirtschaft–Wassertechnik. – Berlin **38** (1988) 1, S. 2
Die Steigerung des Niveaus der wasserwirtschaftlichen Planung, der Bewirtschaftung der Wasserressourcen und der Steuerung der hydrologischen Prozesse setzt verbesserte Methoden und Modelle voraus. Systeme zur rechnergestützten Bewirtschaftung von Flußgebieten gewinnen deshalb an Bedeutung. Sie können Entscheidungsprozesse, die durch hohe Komplexität und hierarchische Struktur gekennzeichnet sind, erheblich objektivieren. Die aktuelle Lageanalyse, Vorhersage und Steuerung der in Flugebieten ablaufenden Prozesse steht im Mittelpunkt der Ausführungen.

CAD – System MINE
Kaden, S.
In: Wasserwirtschaft–Wassertechnik. – Berlin **38** (1988) 1, S. 6
Die Verfügbarkeit der Wasserressourcen ist eine wichtige Voraussetzung für die sozio-ökonomische Entwicklung, intensive Nutzung belastet diese Ressourcen jedoch. Die komplizierte Struktur und Dynamik der ablaufenden Prozesse erfordert effektive Strategien und damit verbunden mathematische Modelle. Universelle Modelle können die konkreten Gegebenheiten der jeweiligen Situation i. d. R. nicht angemessen berücksichtigen. Unumgänglich ist deshalb die Ausrichtung der Modelle auf das jeweilige Objekt. Das beschriebene CAD-System MINE bezieht sich auf regionale wasserwirtschaftliche Strategien in Braunkohlebergbaugebieten der DDR.

Rechnergestütztes System der langfristigen Flußgebietsbewirtschaftung am Beispiel der Spree
Braun, P.; Finke, W.; Gnauck, A.; Schramm, M.; Thiele, W.
In: Wasserwirtschaft–Wassertechnik. – Berlin **38** (1988) 1, S. 9
Die Komplexität des wasserwirtschaftlichen Systems eines größeren Flußgebietes, zumal eines intensiv genutzten, verlangt nach rechnergestützten Methoden zur Lösung der Bewirtschaftungsaufgaben. Das Flußgebiet der Spree gehört zu den am stärksten genutzten Flußgebieten. Außerdem ist es durch seine sich im Flußverlauf stark ändernden wasserwirtschaftlichen Verhältnisse gekennzeichnet. Auf Grund der Komplexität der anstehenden Fragen kann die langfristige Flußgebietsbewirtschaftung nur mit Hilfe eines ganzen Systems von Rechenmodellen, Rechenprogrammen und Methoden gelöst werden.

Methodik zur Vorausberechnung der ökonomischen Auswirkungen bei Hochwasserereignissen
Schweiger, K.-H.; Schaake, U.
In: Wasserwirtschaft–Wassertechnik. – Berlin **38** (1988) 1, S. 17
Die Vorausberechnung der Schäden von Hochwasserereignissen HQ (T) erfolgt für die möglichen Überflutungsgebiete in Abhängigkeit von den Schadensanteilen der betroffenen Grundmittel und anderen Vermögenswerten, Nutztiere, Anbauarten und Ertragserwartungen (Land- und Forstwirtschaft, Gärten) sowie Verkehrsflächen (Verkehrsdichte, zusätzliche Fahrtkilometer, spezifischer Aufwand je Kilometer) und unter Berücksichtigung der Überstauungsdauer.

Ausgewählte Ergebnisse experimenteller Untersuchungen mit Lysimeteranlagen
Meißner, R.; Kramer, D.; Taeger, H.
In: Wasserwirtschaft–Wassertechnik. – Berlin **38** (1988) 1, S. 21
Anhand der Ergebnisse eines von 1974 bis 1985 durchgeführten kombinierten Feld-Lysimeterversuches konnte nachgewiesen werden, daß die pflanzenphysiologisch bedarfsgerechte Zusatzwasserapplikation entsprechend der EDV-Beregnungsberatung gekoppelt mit einer wissenschaftlich fundierten Mineraldüngerbemessung nach dem EDV-Düngesystem DS 79 im Vergleich zu unberegneten Bedingungen zu keinen negativen Auswirkungen bezüglich einer Mehrbelastung der unterirdischen Wasserressourcen mit Grundnährstoffen führt und deshalb in diesen Gebieten, zumindest ab Schutzzone III, ohne Restriktionen anwendbar ist.

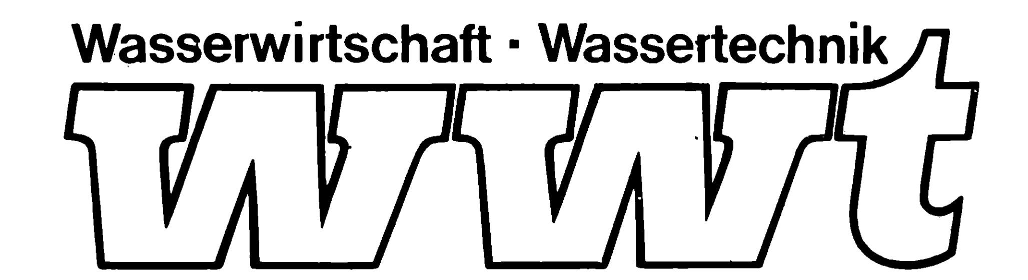
Redaktionsbeirat:

Содержание

Contents

Contenu





Herausgeber:
Ministerium für Umweltschutz und Wasserwirtschaft und Kammer der Technik (FV Wasser)

Verlag:
VEB Verlag für Bauwesen
Französische Straße 13/14, Berlin 1086
Verlagsdirektor:
Dipl.-Ök. Siegfried Seeliger
Fernsprecher: 2 04 10

Redaktion:
Dipl.-Ing. Ralf Hellmann,
Verantwortlicher Redakteur

Carolyn Sauer,
redaktionelle Mitarbeiterin

Sitz der Redaktion:
Hausvogteiplatz 12, Berlin 1086
Fernsprecher: 2 08 05 80 und 2 07 64 42

Lizenz-Nummer 1138
Presseamt beim Vorsitzenden des Ministerrates der DDR

Satz: Druckerei „Neues Deutschland"
Druck: Druckkombinat Berlin
Gestaltung: Horst Bünger

Artikel-Nummer 29 932
Die Zeitschrift erscheint achtmal im Jahr. Jahresbezugspreis DDR 01760, Ausland DM 60,–. Einzelheftpreis DDR 00220, Ausland DM 7,50.

Printed in G.D.R.

Bestellungen nehmen entgegen:
Заказы на журнал принимаются:
Subsriptions of the journal are to be directed:
Il est possible de s'abonner á la revue:
In der DDR:
sämtliche Postämter und der VEB Verlag für Bauwesen, Berlin
BRD und Berlin (West):
ESKABE Kommissions-Großbuchhandlung, Postfach 36, 8222 Ruhpolding/Obb.;
Helios Literatur-Vertriebs-GmbH, Eichborndamm 141/167, Berlin (West) 52
Kunst und Wissen, Erich Bieber OHG, Postfach 46, 7000 Stuttgart 1;
Gebrüder Petermann, Buch und Zeitung INTERNATIONAL,
Kurfürstendamm 111, Berlin (West) 30
Österreich:
Helios Literatur-Vertriebs-GmbH, & Co. KG, Industriestr. B 13, 2345 Brunn am Gebirge
Schweiz:
Verlagsauslieferung Wissenschaft der Freihofer AG, Weinbergstr. 109, 8033 Zürich
Im übrigen Ausland:
Der internationale Buch- und Zeitschriftenhandel wird durch den AHB Buchexport der DDR, – 7010 Leipzig,
Leninstr. 16 oder über den Verlag vermittelt.

Alleinige Anzeigenverwaltung: VEB Verlag Technik, Fernruf 2 87 00.
Es gilt die Anzeigenpreisliste lt. Preiskatalog Nr. 286/1.

1
„Wasserwirtschaft – Wassertechnik"
Zeitschrift für Technik und Ökonomik der Wasserwirtschaft
38. Jahrgang (1988) Januar

Aus dem Inhalt

Zum Titel

Zur Analytik von Schwermetallen in Wässern, Sedimenten und Schlämmen wird in den wasserwirtschaftlichen Laboratorien vielfach die Atomabsorptionsspektrometrie genutzt. Im Bild: Metallbestimmung in Sedimentaufschlüssen am AAS 3, einem Erzeugnis des VEB Kombinat Carl Zeiss Jena.
Foto: Klug

Mikrorechnergestützte aktuelle Lageanalysen und Vorhersagen in Flußgebieten

Dr. sc. Alfred BECKER; Dipl.-Hydrol. Hilmar MESSAL
Beitrag aus dem Institut für Wasserwirtschaft in der Wasserwirtschaftsdirektion Berlin

1. Einführung

Aufgrund der komplexen Wechselbeziehungen zwischen der Gesellschaft und den Wasserressourcensystemen sowie einer rapid ansteigenden Intensität der Nutzung der Wasserressourcen gilt es in der DDR wie in vielen anderen Ländern, ein höheres Niveau der wasserwirtschaftlichen Planung, der Bewirtschaftung der Wasserressourcen und der Steuerung der hydrologischen Prozesse zu erzielen. Das erfordert sowohl verbesserte Methoden und Modelle als auch qualifizierte Entscheidungsträger. Eine umfassendere und detailliertere Analyse der Verfügbarkeit der Wasserressourcen und des Wasserbedarfs in ihrer räumlichen und zeitlichen Variabilität sind unabdingbar. Diese Analyse hat allen Eingriffen in das Wasserressourcensystem sowie den Bedingungen und Konsequenzen von Maßnahmen der rationellen Wasserverwendung und des Gewässerschutzes Rechnung zu tragen, unter Berücksichtigung der aktuellen und perspektivischen Anforderungen der Gesellschaft.

In immer stärkerem Maße werden deshalb Systeme zur rechnergestützten Bewirtschaftung von Flußgebieten entwickelt und in die Praxis eingeführt. Sie umfassen folgende Hauptteile (Bild 1):

- Meß- und Informationssystem (Datengewinnung, -übertragung, -speicherung), einschließlich Meß- und Übertragungstechnik sowie EDVA
- Softwaresystem (Anwendersoftware) und
- Organisationssystem (Organisationsstruktur, Gesetze und ökonomische Regelungen).

Grundsätzlich muß man davon ausgehen, daß der Entscheidungsprozeß bei der Wasserbewirtschaftung gekennzeichnet ist durch hohe Komplexität und hierarchische Struktur. Er fordert im allgemeinen die Lösung mehrkriterialer Entscheidungsprobleme und die Anwendung hierarchischer Methoden. Im vorliegenden Beitrag kann darauf nicht umfassender eingegangen werden, weshalb auf andere Arbeiten verwiesen wird, z. B. auf /1, 2/. Erwähnt sei lediglich, daß drei typische Aufgabenbereiche und entsprechende Entscheidungsebenen mit sehr unterschiedlichen Zeithorizonten unterschieden werden:

1. Planungsaufgaben, bei denen es um die Planung der strukturellen Entwicklung eines wasserwirtschaftlichen Systems und um größere Zeithorizonte, i. a. größer als 20 Jahre geht.
2. Langfristbewirtschaftungsaufgaben, die die längerfristige Bewirtschaftung der Wasserressourcen in einem gegebenen wasserwirtschaftlichen System mit festgelegter Struktur für Zeiträume von einigen Jahren und mehr betreffen.
3. Operative Steuerungsaufgaben, die die aktuelle Steuerung der in einem bestimmten wasserwirtschaftlichen System ablaufenden Prozesse für Zeithorizonte von wenigen Stunden bis zu mehreren Wochen bzw. Monaten (max. 1 Jahr) betreffen.

Alle drei Aufgabenbereiche, die vielfältig miteinander verflochten sind (vgl. /1, 2/), sind in Bild 1 im linken unteren Block enthalten.

Im folgenden wird hauptsächlich auf den dritten Aufgabenbereich, die aktuelle Lageanalyse, Vorhersage und Steuerung der in Flußgebieten ablaufenden Prozesse, eingegangen. Diese Aufgaben stellen einen Schwerpunkt der täglichen Routinearbeit in den Wasserwirtschaftsdirektionen dar, bei dem durch den Einsatz rechnergestützter Methoden beachtliche Rationalisierungseffekte erzielt werden können.



2. Das Meß- und Informationssystem (MIFOS)

Hauptbestandteile moderner Meß- und Informationssysteme für Flußgebiete sind (Bild 1):

- das Datengewinnungs- und Übertragungssystem
- das Datenbanksystem
- die Informationszentrale (IFZ) bzw. Flußgebietszentrale (FGZ)

Auf das Datengewinnungs- und Übertragungssystem soll hier nicht eingegangen werden.

2.1. Teildatenbanken der Informationsdatenbank Wasserbewirtschaftung

Für die Erfassung, Verwaltung und Verarbeitung wasserwirtschaftlicher Daten wurde ein aktualisiertes Datenbankkonzept erarbeitet, das unter dem Gesichtspunkt unterschiedlicher Zeithorizonte der Datenspeicherung folgende Teildatenbanken berücksichtigt:

- Prozeßdatenbanken (PDB) für Zeithorizonte bis max. 2 Monate
- Operativdatenbanken (ODB) für Zeithorizonte bis max. 5 Jahre
- Langzeit-Datenbanken für größere Zeiträume

In den Prozeßdatenbanken werden alle Daten verwaltet, die aktuell in den Informationszentralen der OFM oder WWD für Lageeinschätzungen, Vorhersagen (Echtzeitvorhersagen), Steuerungsberechnungen, Lageberichte u. ä. benötigt werden.

Charakteristisch für die PDB ist, daß unterschiedliche Datenarten einer ausgewählten Anzahl steuerrelevanter Meßstellen in einer einheitlichen Datenbank für einen begrenzten Zeitraum von maximal 2 Monaten verwaltet werden können und daß dem Umstand des gleichzeitigen Einganges von z. T. unterschiedlichen Daten verschiedener Meßstellen bei der Dateneingabe (PDB Aktualisierung) besonders Rechnung getragen wird.

Die Operativdatenbanken (ODB) sind primär nach Datenarten geordnet, z. B. Oberflächenwasser, Grundwasser, Wassernutzungen usw. Sie haben ein sehr breites Nutzungs-

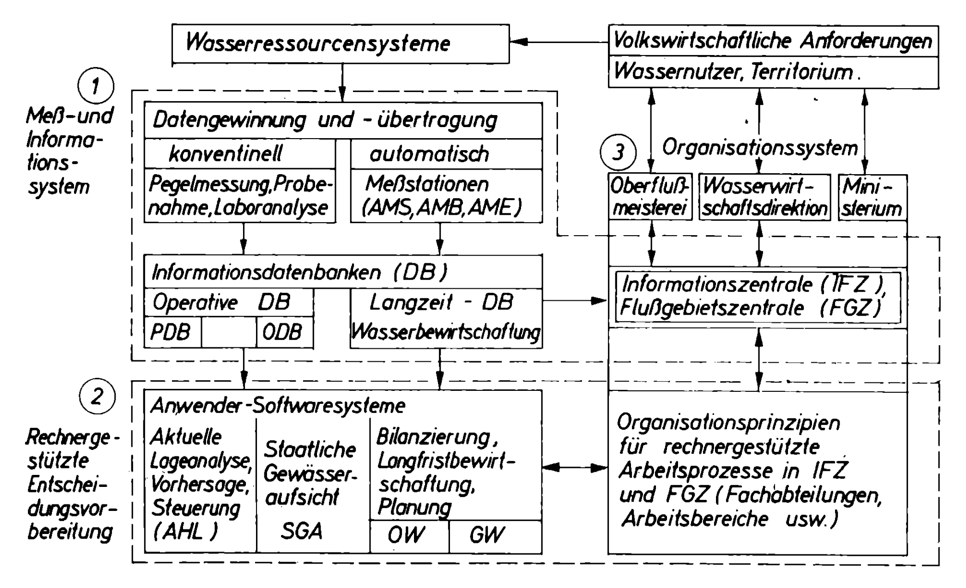


Bild 1 Hauptbestandteile eines Projekts zur rechnergestützten Wasserbewirtschaftung eines Flußgebietes

spektrum und dienen der rechnergestützten Bearbeitung verschiedenster Aufgaben von der Gewässerüberwachung, statistischen Aufbereitung von Daten, Erarbeitung von Bilanzentscheiden, Planung und Abrechnung der rationellen Wasserverwendung, Abrechnung von Entgelten und Gebühren, Auflagenkontrolle u. a.

Ein bei der Entwicklung der PDB und der ODB auf der einheitlichen Grundlage von REDABAS angestrebtes Ziel war, daß die in den PDB erfaßten Daten rechnergestützt in die ODB übernommen werden können, damit eine doppelte Datenerfassung vermieden wird.

Die Langzeit-DB soll lange Datenreihen enthalten, und wird für alle langfristig orientierten Aufgaben (Planung, Langfristbewirtschaftung usw.) sowie für Trendanalysen u. ä. benötigt. Im Gegensatz zur PDB und ODB, die auf Mikrorechentechnik implementiert wurden, werden die Langzeit-DB auf der Basis von Groß- und Kleinrechnern (ES1055, A6402, ...) entwickelt, da die Daten langfristig aufbewahrt und archiviert werden müssen. Historische Daten besitzen gerade in der Wasserwirtschaft, wo Extremereignisse im Prinzip nicht wiederholt werden können, besondere Bedeutung.

Grundsätzlich wird angestrebt, daß das bereits angesprochene Prinzip der rechnergestützten Übernahme von Daten aus einer Datenbank mit kürzerer Zeitbasis in die mit einer längeren auch bei der Füllung der Langzeit-DB aus der ODB konsequent durchgesetzt wird.

2.2. *Informationszentralen (IFZ) für Flußgebiete*

Die IFZ bilden das Kernstück jedes Meß- und Informationssystems. In ihnen laufen alle Daten und Informationen für ein betrachtetes Flußgebiet oder hydrologisch geschlossenes Teilflußgebiet zusammen und werden für verschiedene Aufgaben geordnet abgespeichert und bereitgestellt.

Bei vielen Aufgaben ist die Bindung der IFZ an Teilflußgebietsstrukturen auf Grund der Kausalität im Ablauf der hydrologischen und Bewirtschaftungsprozesse erforderlich. Dies gilt in besonderem Maße für aktuelle Lageanalysen, Vorhersage- und Steuerungsberechnungen, bei denen die Hauptfunktion der IFZ darin besteht, die rechnergestützte Abarbeitung von sich ständig wiederholenden Arbeitsabläufen (von der Datenerfassung, Primäranalyse und -abspeicherung über Vorhersage und Steuerungsberechnungen bis hin zur Berichterstattung) und damit die Erreichung bedeutender Rationalisierungseffekte zu sichern.

Gegenwärtig wird in der Wasserwirtschaft davon ausgegangen, daß in den IFZ Mikrorechner (BC/PC) zur Verfügung stehen und ein kontinuierlicher Eingang von Daten und Informationen gewährleistet ist.

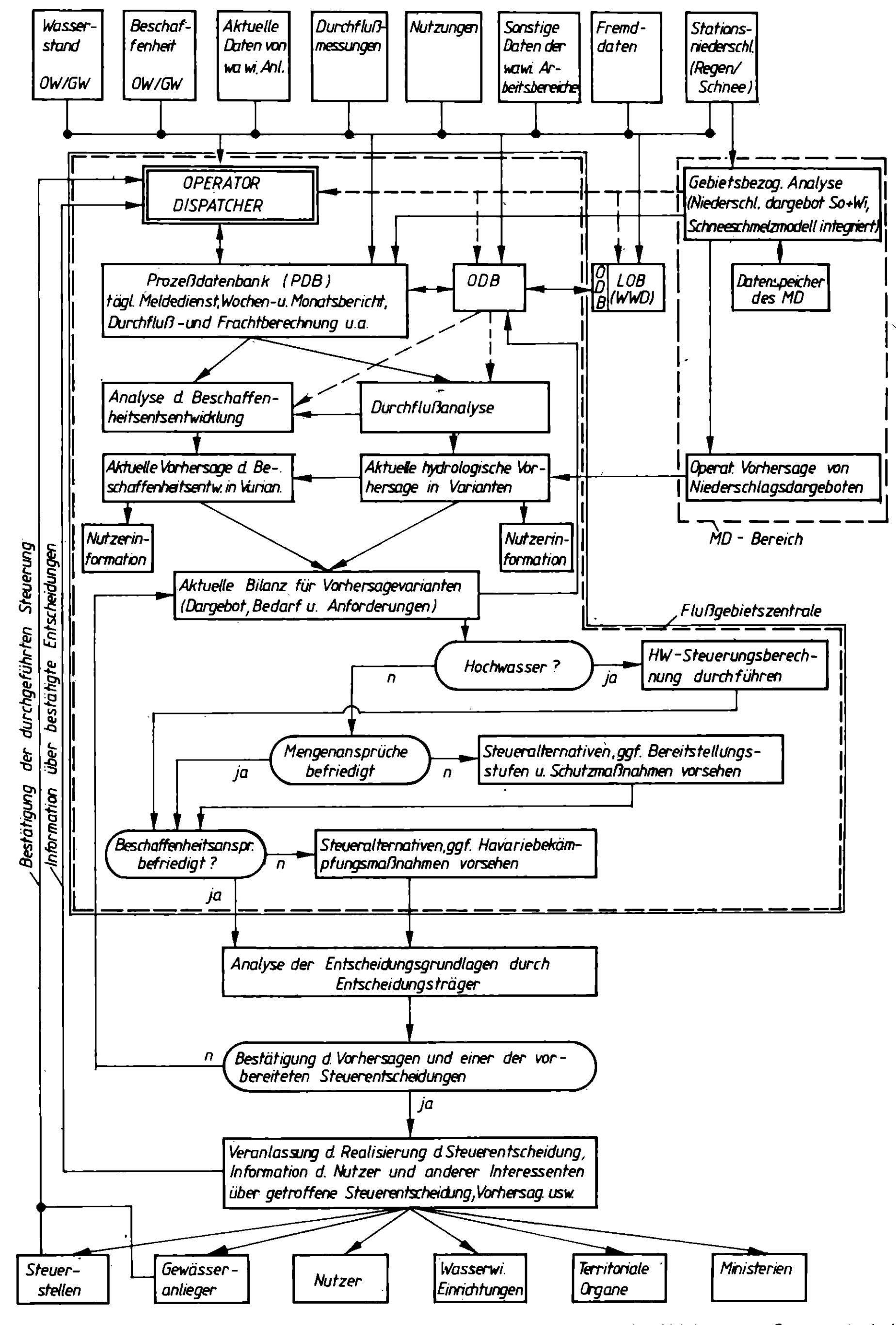


Bild 2 Aktivitätenablauf bei aktuellen Lageanalysen, Vorhersagen und bei der Ableitung von Steuerentscheidungen

3. Aktivitätenablauf bei aktuellen Lageanalysen, Vorhersagen und Steuerungsberechnungen

Der Aktivitätenablauf bei rechnergestützten Lageanalysen, Vorhersagen und Steuerungsberechnungen in Informationszentralen (IFZ) von Wasserwirtschaftsdirektionen, Oberflußmeistereien u. ä. läßt sich in folgende Teile untergliedern:

- Aktuelle Datengewinnung (oben in Bild 2)
- Datenübertrag zur IFZ
- Prüfung, Speicherung und Verarbeitung bestimmter hydrometeorologischer Daten im Bereich des Meteorologischen Dienstes der DDR (rechts im Bild 2)
- Prüfung, Speicherung und Verarbeitung hydrologischer und wasserwirtschaftlicher Daten
- Analyse der hydrologischen Lage und der ablaufenden Prozesse
- Aktuelle Vorhersage der ablaufenden Prozesse
- Aktuelle Bilanzierung der Wasserressourcen nach Vorhersagevarianten (Analyse der wasserwirtschaftlichen Verhältnisse)
- Ableitung oder Berechnung von Steuerempfehlungen für wasserwirtschaftliche Anlagen
- Beurteilung und Bestätigung der Berechnungsergebnisse (Vorhersagen, Steuerempfehlungen usw.) und Treffen notwendiger Steuerentscheidungen
- Aktuelle Berichterstattung und Verteilung der Informationen

Die Datengewinnung erfolgt manuell und automatisch, wobei das Spektrum vom einfachen Ablesen eines Wasserstandes bis zur automatischen Messung, Prüfung, Verdichtung und Pufferspeicherung von Wasserbeschaffenheitsdaten in einer Geräteeinheit reicht. Die Datenübertragung wird über Telex, über Funk mittels Kabel, per Telegramm, per Telefon, vereinzelt auch durch Boten realisiert /3/. Diese kurzfristig nicht überwindbare Vielfalt erschwert die durchgängige Automatisierung des Informationsflusses.

Der Meteorologische Dienst der DDR ist verantwortlich für die Bereitstellung der hydrometeorologischen Eingangsgrößen. Er stellt u. a. bereit: das flächenbezogene Niederschlagsdargebot nebst entsprechenden Vorhersagen mit unterschiedlicher Eintrittswahrscheinlichkeit, die potentielle Verdunstung und bei Vorhandensein einer Schneedecke deren Wasserabgabe /4/.

Ist die Datenfrequenz sehr hoch (z. B. stündlich) oder sind die Daten kodiert, erfolgt eine Speicherung auf Puffer- oder Sonderdatenspeichern für mehrere Stunden oder Tage und eine anschließende Verdichtung und Dekodierung. Entsprechend ihrem Verwendungszweck und Typ werden die Daten dann entweder in der PDB oder in den ODB (s. Abschnitt 2.1.) gespeichert und geprüft. Die aktuelle Analyse der ablaufenden Prozesse und der hydrologischen Lage erstreckt sich auf die Berechnung des Istzustandes bezüglich Wassermenge und -beschaffenheit in den Gewässern, wobei vielfach die Meßgrößen (z. B. Wasserstand, Leitfähigkeit usw.) in bilanzierbare Zustandsgrößen (z. B. Durchfluß, Stofffracht o. ä.) umgerechnet werden müssen. Außerdem müssen zur Datenprüfung und ggf. Korrektur berechnete mit gemessenen Werten verglichen werden. Dabei wird zweckmäßig flußabwärts von Pegel zu Pegel vorgegangen und modellgestützt eine sog. „aktuelle Analyse" und ggf. eine „aktuelle Bilanz" der einzelnen Größen im Flußlängsschnitt erstellt.

Für alle vorgenannten Operationen, die bei längeren Flüssen und Betrachtung verschiedenster Zustandsgrößen beachtlichen Aufwand fordern, kann im allgemeinen nicht auf die Anwendung modell- und rechnergestützter Arbeitstechniken verzichtet werden. Für die Analysen im Flußlängsschnitt werden dabei deterministische Modelle bevorzugt, bei denen die Kontinuitätsbedingung strikt eingehalten wird.

Bei den sich anschließenden Vorhersageberechnungen können die gleichen Modelle verwendet werden, wobei jedoch zusätzliche Teilmodelle zur „Nachführung der Vorhersagen" o. ä. mit einbezogen werden. In diese Vorhersagen wird mit den Vorhersagen des Meteorologischen Dienstes, ggf. in Varianten, eingegangen.

Nach Vorliegen der hydrologischen Vorhersagen kann für den Vorhersagezeitraum eine aktuelle Bilanzierung von Wasserdargebot und -bedarf an den Nutzungsquerschnitten (nach Menge und Beschaffenheit) erfolgen sowie besonders in Extremsituationen (Hoch- und Niedrigwasser) oder bei besonderen Ereignissen (z. B. Havarien), die Ermittlung optimaler oder akzeptabler Steuerempfehlungen für die vorhandenen wasserwirtschaftlichen Anlagen (Regeleinrichtungen wie Talsperren, Wehre, Schleusen u. ä.) und für die Wassernutzungen. Das Spektrum von Arbeitstechniken zur Ermittlung solcher Steuerempfehlungen ist ebenfalls sehr breit und reicht von einfachen Maßnahmekatalogen bzw. Tabellen mit festen Steuerrichtwerten für bestimmte Zustandsgrößen bis hin zu anspruchsvolleren Techniken der Entscheidungsfindung bzw. „Entscheidungssystemen" /1, 5/.

Die berechneten Steuerempfehlungen müssen im allgemeinen vor ihrer Realisierung von Experten geprüft, d. h., Plausibilität, Durchführbarkeit u. ä. müssen beurteilt werden, damit Fehlsteuerungen, die auf Fehler in den Eingangsdaten, Unsicherheiten o. ä. zurückzuführen sind /5/, vermieden werden.

Als letztes schließt sich die Erarbeitung von aktuellen Lageberichten an, die dann häufig gemeinsam mit den berechneten Vorhersagen, Vorausschätzungen, Steuerentscheidungen usw. verteilt werden, und zwar an die Steuerstellen (Steuerzentralen), betroffene Nutzer und Gewässeranlieger, zuständige staatliche Organe, übergeordnete Einrichtungen der Wasserwirtschaft usw.

4. Einsatz von Beratungs-/Expertensystemen

Eine durchgängige modell- und rechnergestützte Erledigung der aufgeführten Aktivitäten ist in der Praxis noch nicht realisiert. Lediglich bei Teilprozessen, z. B. bei der Durchflußanalyse und -vorhersage, Hochwasservorhersage und -steuerung und bei einzelnen ausgewählten Wasserbeschaffenheitsprozessen, und vielfach nur in räumlich begrenzten Systemen (Einzelgewässer, Flußteilsystemen) ist eine routinemäßige Praxisanwendung erreicht.

Es wird aber zunehmend auf die Schaffung umfassenderer Systeme orientiert, wobei durch die stark erweiterten Möglichkeiten des Einsatzes von Mikrorechnern in allen Praxisbereichen wesentlich verbesserte Voraussetzungen bestehen.

Mit der Entwicklung solcher umfassenderen Systeme wird ein Schritt zum Einsatz von sog. Beratungs-/Expertensystemen getan, wie sie in /5/ behandelt werden. Der Grundgedanke beim Einsatz solcher Systeme ist, daß dem Menschen zur Objektivierung seiner Entscheidungen und zur Entlastung von Routinearbeit ein Beratungssystem zur Seite gestellt wird, das ihm Entscheidungshilfen zur Verfügung stellt. Der Mensch stützt darauf seine Entscheidung, die direkt auf den Prozeß wirkt oder als Führungsgröße für unterlagerte hierarchische Steuerungen dient. In einem weiteren Schritt kann die getroffene Entscheidung vom Beratungssystem „geprüft" werden (z. B. durch Vergleich mit vorhandenen Entscheidungsmustern) und dem Entscheidungsträger ein Hinweis auf mögliche Verbesserungen des Entscheidungsmodells gegeben werden. Insgesamt geht es darum, daß der Mensch sich auf den schöpferischen Teil der Entscheidungsfindung konzentriert und die Verantwortung gemäß den zuvor genannten Merkmalen trägt. Das Beratungssystem soll demgegenüber seine Stärken hinsichtlich Geschwindigkeit von Operationen, Speichervermögen, Gedächtnis, Logistik und Zuverlässigkeit ausspielen, wo es dem Menschen weit überlegen ist /5, 6/.

5. In der Breite nutzbare Modelle für operative Aufgaben der Hydrologie und Wasserbewirtschaftung

Im Hinblick auf die Modellierung von hydrologischen Systemen mit unzureichenden, unsicheren oder inhomogenen („beeinflußten") Beobachtungsdaten ist ein zunehmender Trend zur Anwendung physikalisch begründeter sowie konzeptioneller Modelle mit physikalisch definierten Parametern zu verzeichnen und nötig /7/.

Im Rahmen unlängst abgeschlossener Forschungsarbeiten des Instituts für Wasserwirtschaft, Berlin, wurden einige breitennutzbare Modelle und Programme, die als Bausteine für Beratungs-/Expertensysteme der zuvor

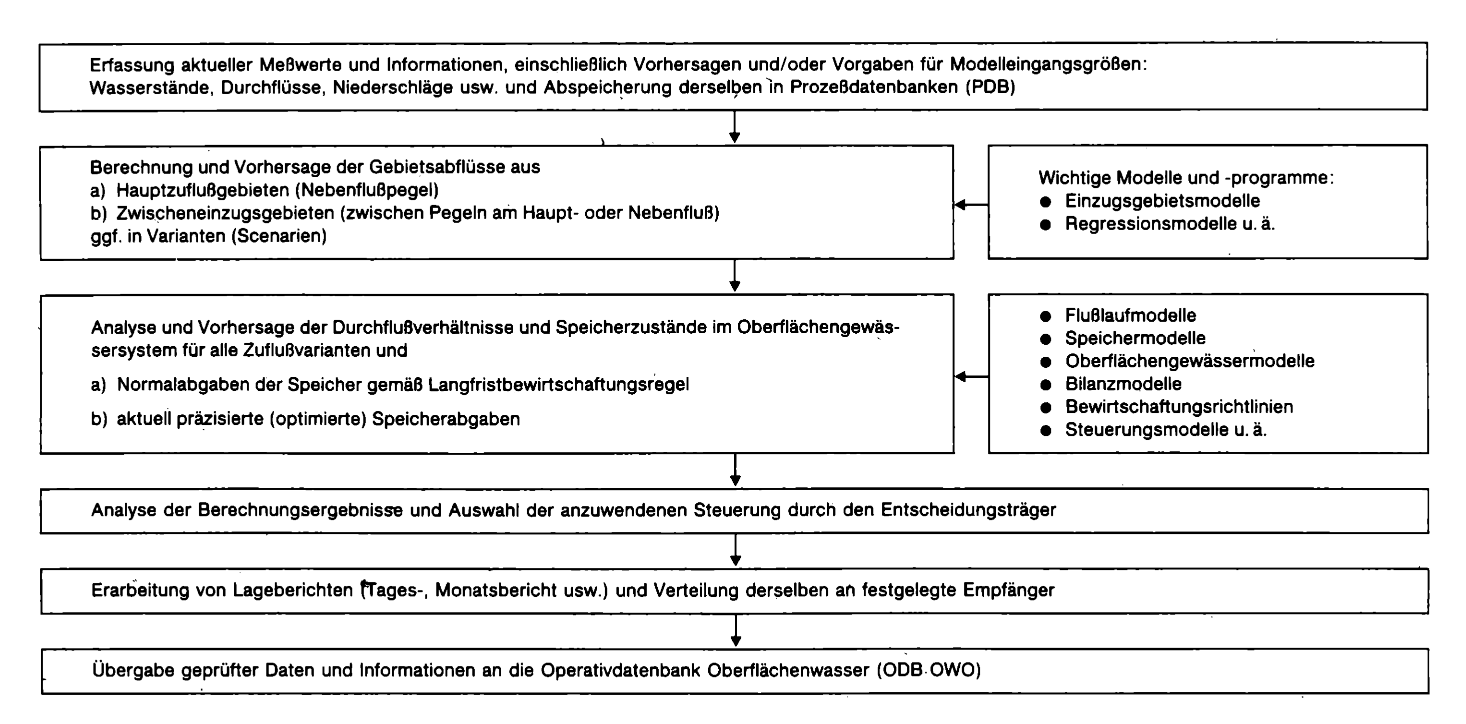


Bild 3 Prinzipielle Aktivitätenfolge bei der aktuellen Analyse, Vorhersage und Steuerung der Durchflußverhältnisse in einem Flußgebiet

charakterisierten Art dienen können, entwickelt und auf den in der Praxis vorhandenen BC/PC (z. B. 5120, 1715) zur Erstanwendung gebracht:

– **Programmsystem HYDRA**

Mit ihm können benötigte Modelle (Modellsysteme) für Flußgebiete und Oberflächengewässersysteme beliebiger Struktur generiert und angewendet werden, wobei je nach den Anforderungen unterschiedlich detaillierte Teilmodelle (Modellbausteine) einsetzbar sind (z. B. Translations- und Speicherelemente, konzeptionelle oder hydraulisch begründete Flußlaufmodelle, Einzugsgebietsmodelle, Schadstofftransportmodelle u. a.). Die entwickelte BC/PC-Grundversion von HYDRA kommt jetzt im oberen Spreegebiet bis Spremberg sowie im unteren Spreegebiet von Leibsch bis zu den Zuflußpegeln Berlins zur ersten Erprobung, wobei zunächst einfache Teilmodelle eingesetzt werden.

– Das nichtlineare **Stufenmodell RIMO/RIDO** mit Differenzengleichungen als linearem Teilmodell /8/.

Dieses Modell dient der Durchflußberechnung im Längsschnitt von Flüssen und wurde bereits vielfach erprobt.

– **Programmsystem CAMOS/EGMO** /9/

Mit den Einzugsgebietsmodellen EGMOF (Zeitschritte von 1 h bis 1 Tag) und EGMOD (Zeitschritte größer als 1 Tag bis 1 Monat) bietet dieses System die Möglichkeit, den Wasserhaushalt und die wichtigen hydrologischen Prozesse in Flußeinzugsgebieten großflächig zu simulieren und ausgewählte Zustandsgrößen (Gebietsabfluß, Verdunstung, Teilsystemspeicherungen) fortlaufend zu berechnen und mit vorhergesagten oder vorgegebenen Zeitreihen der Modelleingangsgrößen (Niederschlagsdargebot und potentielle Verdunstung) kurz- oder längerfristig vorherzusagen. Die Breitennutzbarkeit dieses Programmsystems wurde in einer Reihe von Beispielgebieten im Spreegebiet, z. T. auch außerhalb, nachgewiesen.

– Das **Hochwassersteuerungs-Berechnungsprogramm HQKBMS** /10/

Mit ihm können bei Ablaufen eines Hochwassers günstige Steuerungen für Talsperren berechnet werden, die eine optimale Auslastung des verfügbaren (freien) Speicherraums gewährleisten (Spreegebiet: Bautzen, Quitzdorf, Spremberg).

– Das **adaptive Mehrfachregressionsmodell OXVOR**.

Es dient zur Vorhersage der Sauerstoffkonzentration in Oberflächengewässern auf der Basis von Tageswerten und wurde für die Spree in Berlin und die Havel in Potsdam (Holzmarktstr.) erstmals angewendet.

– Das **Modell SPROXY** /11/

Es dient zur Vorhersage des Sauerstoffgehaltes und des BSB-Abbaus (Spree: Von der Quelle bis zur TS Bautzen).

– Die **Regressionsmodelle SCEMID und AMIDU** /12/

Sie ermöglichen statistisch begründete mittelfristige Durchflußvorhersagen auf Monatsbasis (Spree: Berliner Raum).

Die zu den einzelnen Modellen gegebenen Hinweise weisen bereits auf erfolgte Tests im Spreegebiet hin. Tatsächlich wurde im Spreegebiet der Versuch unternommen, einen größeren Teil der in Abschnitt 3 aufgeführten Aktivitäten in ein zentralisiertes rechnergestütztes System zu integrieren und dieses in Informationszentralen in Cottbus und Berlin routinemäßig anzuwenden. Dabei wurden aus Gründen der besseren Verfügbarkeit von Wasserstands- und Durchflußdaten bei der Analyse, Vorhersage und Steuerung der Durchflußverhältnisse die größten Fortschritte erzielt. Der diesbezügliche Aktivitätenablauf ist in Bild 3 schematisch dargestellt.

Ein anderes wichtiges Beispiel eines flußgebietsbezogenen Beratungs-/Expertensystems ist das Wassermengen- bzw. Hochwasservorhersage- und -steuerungssystem für die Werra, das in /5/ mit erläutert wird.

7. Schlußbemerkung

Mit der sich erweiternden Nutzung von Mikrorechnern in den Praxisbereichen der Wasserwirtschaft sind verbesserte Voraussetzungen zur Einrichtung von Informationszentralen in WWD'n, OFM u. a. Praxiseinrichtungen geschaffen worden. Rechnergestützte Systeme können hier zur aktuellen Lageanalyse, Vorhersage und Steuerung der ablaufenden Prozesse und insgesamt zur Wasserbewirtschaftung eingesetzt werden. Die Einführung von Beratungs-/Expertensystemen ist damit in greifbare Nähe gerückt und für bestimmte Teilprozesse in einzelnen Gebieten der DDR bereits realisiert. Sie sollte konsequent weiter vorangetrieben werden, da sie wesentlich zur Rationalisierung der Arbeitsprozesse in der wasserwirtschaftlichen Praxis sowie zur Erhöhung der Genauigkeit von Vorhersagen und der Effektivität von Steuerungs- und Bewirtschaftungsmaßnahmen beitragen kann.

Literatur:

/1/ *Findeisen, W.*: Hierarchische Methoden zur operativen Steuerung wasserwirtschaftlicher Systeme. msr, Berlin **29** (1986) 8, S. 342–348

/2/ *Kaden, S.; Michels, I.; Tiemer, K.*: Decison support system for open-pit lignite mining aeras. Proceedings of the International Symposium on Groundwater Monitoring and Management, Dresden, March 1987

/3/ *Fügner, D.; Theiss, H.*: Erfahrungen beim Aufbau des EKS in der Wasserwirtschaftsdirektion Obere Elbe–Neiße. In Wasserwirtschaft–Wassertechnik, Berlin, **32** (1982) 6, S. 184–186

/4/ *Becker, A.; Rachner, M.*: Neue Aspekte und Anforderungen bei der Nutzung meteorologischer Daten und Informationen in der Hydrologie und Wasserbewirtschaftung. In Wasserwirtschaft–Wassertechnik, Berlin, **36** (1986) 8, S. 186–188

/5/ *Wernstedt, J.*: Zum Einsatz von Beratungs-/Expertensystemen zur Lösung kybernetischer Probleme. msr, Berlin **29** (1986) 8, S. 349–353

/6/ *Wernstedt, J.*: Methoden und Erfahrungen zur Prozeßsteuerung und Entscheidungsfindung durch den Menschen auf der Grundlage von Beratungs- und Expertensystemen. msr, Berlin **28** (1985) 7, S. 295–298

/7/ *Becker, A.; Nemec, J.*: Macroscale hydrologic models in support to climate research. In: The Influence of Climate Changes and Climatic Variability on Hydrological Regime and Water Resources. (Proceeding of the Vancouver Symposium August 1987). IAHS Publ. no. 168, S. 431–445

/8/ *Becker, A.; Kundzewicz, Z.*: Berücksichtigung von Nichtlinearitäten in multilinearen Modellen für Durchflußvorhersagen in Flüssen. Wasserwirtschaft–Wassertechnik, Berlin, **36** (1986) 7, S. 165–167

/9/ *Becker, A., Pfützner, B.*: EGMO-System approach and subroutines for river basing modelling. Acta Hydrophysica, Berlin **31** (1987) 3/4, S. 125–141.

/10/ *Thiele, W.; Büttner, M.*: Zur Anwendung des Prinzips der Eingangssignalentdeckung bei der Bewirtschaftung des Oberflächenwassers in Flußgebieten. Acta Hydrophysica, Berlin **32** (1988) 1

/11/ *Straskraba, M.; Gnauck, A.*: Aquatische Ökosysteme – Modellierung und Simulation –. VEB Gustav Fischer Verlag Jena 1983

/12/ *Finke, W.; Kalk, B.*: Mittelfristvorhersagen mit Wahrscheinlichkeitsangaben. Wasserwirtschaft–Wassertechnik, Berlin **36** (1986) 1, S. 21.

6. Fachtagung „Abproduktarme Technologien – Ressourcennutzung und Umweltschutz“ April 1989, Eisenach

Veranstalter dieser Tagung sind die Zentrale Arbeitsgemeinschaft Abproduktarme/-freie Technologie beim Präsidium der KDT, die AG (B) Abproduktverwertung/Abproduktarme Technologie Erfurt beim BV Erfurt der KDT sowie das Institut für Geographie und Geoökologie der AdW der DDR.

Themen

- Durchsetzung abproduktarmer/-freier Technologien, Möglichkeiten der Realisierung, vorliegende Erfahrungen
- abproduktarme Produktion in Klein- und Mittelbetrieben
- Unterstützung von Leitungs- und Planungsorganen bei der Entscheidungsfindung zur Schaffung abproduktarmer Technologien
- Beispiellösungen zur Vermeidung der Entstehung bzw. zur Verwertung von Abprodukten (Reduzierungs- und Recycling-Technologien)

Arbeitstitel der Themenkreise

1. Methodik, Instrumentarien und Informationsbereitstellung zur Unterstützung und Vorbereitung von Leitungsprozessen im Zusammenhang mit abproduktarmen/-freien Technologien
2. Aufbereitungsverfahren als Grundlage für die Verwertung von Abprodukten
3. Verfahren zur Abproduktverwertung
4. Abprodukt-Beseitigungsverfahren/Deponie als Bestandteil des Stoffwechsels Mensch–Umwelt

Vortragsvorschläge sind bis zum 31. 3. 1988, Teilnahmewünsche bis zum 31. 12. 1988 zu richten an:

Dr. J.-R. Strehz,
AdW der DDR, Institut für Geographie und Geoökologie,
Rudower Chaussee 5, Berlin, 1199

CAD-System MINE

Dr. sc. techn. Stefan KADEN
Beitrag aus dem Institut für Wasserwirtschaft in der Wasserwirtschaftsdirektion Berlin

Am Internationalen Institut für Angewandte Systemanalyse (IIASA) wurde von 1984 bis 1986 das Projekt **Regional Water Policies** bearbeitet. Im Mittelpunkt des Interesses standen Gebiete, die durch komplexe Wechselbeziehungen zwischen der sozio-ökonomischen Entwicklung und der Entwicklung der Umwelt – besonders der Grund- und Oberflächenwasserressourcen – gekennzeichnet sind.
Einerseits führt die intensive sozio-ökonomische Entwicklung häufig zu erheblichen Belastungen der Wasserressourcen. Das gilt sowohl für ihren Verbrauch bis zur Erschöpfung als auch für ihre Kontamination, verbunden mit Nutzungseinschränkungen. Die Verfügbarkeit der Wasserressourcen, als eine wichtige Voraussetzung der sozio-ökonomischen Entwicklung, wird andererseits durch diese Kontamination beeinträchtigt. Folglich ist möglichen Konflikten zwischen der sozio-ökonomischen Entwicklung und dem Zustand der Wasserressourcen (der Umwelt im allgemeinen Sinne) als auch innerhalb der sozio-ökonomischen Entwicklung selbst Rechnung zu tragen.
Auf Grund der komplizierten Struktur und Dynamik der zu analysierenden Prozesse erfordert die Ermittlung effektiver Strategien grundsätzlich den Einsatz mathematischer Modelle. Dementsprechend war es das Ziel des Regional Water Policies Projektes des IIASA, **Methoden und Modelle für die Analyse langfristiger wasserwirtschaftlicher Strategien** zu erarbeiten. Die Komplexität und Vielfalt der Probleme läßt die Entwicklung universeller Modelle praktisch nicht zu. Eine Beschränkung auf ausgewählte Objekte und Beispielgebiete ist unumgänglich. Das Projekt war deshalb vorrangig auf folgende Probleme ausgerichtet:

- die Analyse regionaler wasserwirtschaftlicher Strategien in Gebieten mit intensiver Landwirtschaft mit dem Beispielgebiet „Soutern Peel Region" in den Niederlanden
- die Analyse regionaler wasserwirtschaftlicher Strategien in Braunkohlebergbaugebieten mit einem Testgebiet in der Deutschen Demokratischen Republik.

Das CAD-Systeme MINE als Beratungs- bzw. Entscheidungshilfesystem .für die Analyse wasserwirtschaftlicher Strategien in Braunkohlebergbaugebieten wurde in Kooperation des IIASA mit dem Institut für Wasserwirtschaft, der Sektion Wasserwesen der TU Dresden, dem VEB Braunkohlenkombinat Senftenberg sowie dem Institut für Automatische Steuerung der TU Warschau entwickelt /1, 2, 3/.

1. Methodisches Konzept des CAD-Systems MINE

Die Komplexität wasserwirtschaftlicher Probleme in Braunkohlebergbaugebieten verdeutlicht Bild 1. Die zu untersuchenden regionalen Systeme lassen sich in zwei Hauptbestandteile gliedern – das sozio-ökonomische Teilsystem und das Teilsystem Umwelt (Wasserressourcen). Sowohl innerhalb als auch zwischen den Teilsystemen bestehen vielfältige Wechselbeziehungen. Das sozio-ökonomische Teilsystem hat darüber hinaus eine ausgeprägt hierarchische Struktur. Unter den Bedingungen der zentralen Wirtschaftsleitung in der DDR umfaßt diese Struktur alle Entscheidungsebenen, beginnend bei zentralen Institutionen (staatliche Plankommission, verschiedene Ministerien) über regionale Institutionen bis zu einzelnen Betrieben. Für das Projekt wurde von der vereinfachenden Annahme ausgegangen, daß sich das sozio-ökonomische Teilsystem in zwei Ebenen gliedert – ein mehr oder weniger hypothetisches zentrales/regionales Planungs-/Entscheidungszentrum sowie diverse Wassernutzer.
Basierend auf dieser Schematisierung wurde von folgenden Bearbeitungsstufen ausgegangen:

1. Stufe: *Analyse alternativer Strategien*
Es werden rationelle Strategien der langfristigen regionalen Entwicklung vom Standpunkt des Entscheidungszentrums aus abgeleitet. Dabei finden vorrangig regionale, gesamtstaatliche Zielstellungen Berücksichtigung. Das Verhalten der Wassernutzer wird stark schematisiert bzw. vernachlässigt.

2. Stufe: *Entscheidungsanalyse*
Es wird die Wirksamkeit unterschiedlicher Entscheidungsinstrumente für die regionale Entwicklung untersucht, die der Durchsetzung effektiver Strategien (1. Stufe) dienen. Dabei ist das Verhalten der betroffenen Wassernutzer detailliert zu berücksichtigen.

Bei der Analyse langfristiger regionaler Wasserwirtschaftlicher Strategien handelt es sich grundsätzlich um ein dynamisches Mehrzielproblem. Bei der Problemformulierung und -lösung sind die Unschärfe der Informations- und Entscheidungsprozesse, Unsicherheiten und Ungenauigkeiten, resultierend aus begrenzter Kenntnis des Systemverhaltens und Mangel an Systemdaten sowie deren teilweise stochastischer Charakter, zu berücksichtigen. Die Auswahl effizienter Strategien ist in einen komplizierten Entscheidungsprozeß eingeordnet. Gegenwärtig sind keine mathematischen Methoden verfügbar bzw. praktikabel, die diesen komplexen Problemstellungen in **einem** Modell gerecht werden.
Für wasserwirtschaftliche Fragestellungen, besonders in Braunkohlebergbaugebieten, ist von einem maximalen Planungshorizont von 50 Jahren auszugehen. Unter Berücksichtigung der Realität in der langfristigen regionalen wasserwirtschaftlichen Planung und Bewirtschaftung sind zwei unterschiedliche Zeitschrittweiten von besonderem Interesse:

- die Planungsperioden von einem Jahr und mehr als Zeitschritt für prinzipielle technologische und Bewirtschaftungsentscheidungen (z. B. Tagebauwasserableitung bzw. -verteilung, Grubenwasseraufbereitung),
- die Bewirtschaftungsperioden von einem Monat bzw. einem Jahr für innerjährlich/jährliche Bewirtschaftungsentscheidungen zur Erfüllung kurzfristiger Kriterien, wie dem monatlichen Wasserbedarf als klassisches Kriterium der Langfristbewirtschaftung.

Nur die Diskretisierung des Planungshorizontes in eine geringe Zahl von Planungsperioden eröffnet die Anwendungsmöglichkeit von Verfahren der Mehrzielanalyse (multikriterielle Analyse, Polyoptimierung, Vektoroptimierung als Synonyme).
Es gilt unter Beachtung der verfügbaren Methoden für die Mehrzielanalyse, der rechentechnischen Möglichkeiten und Kosten, die

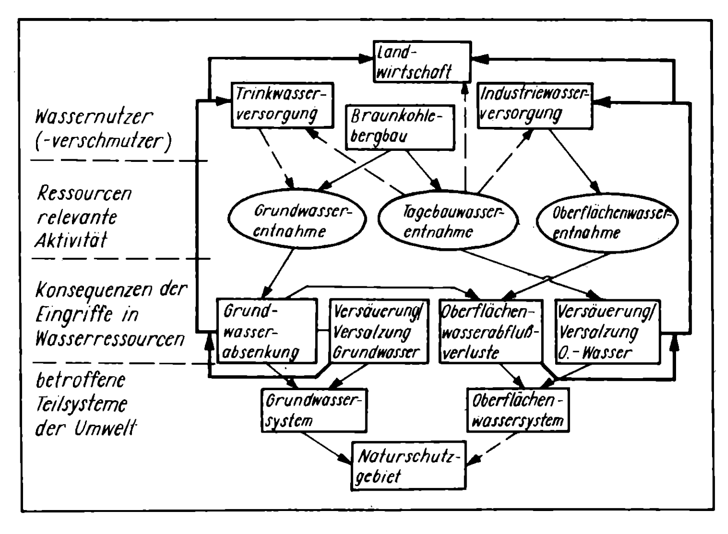


Bild 1
Anthropogene Einflüsse in Braunkohlebergbaugebieten

Zahl der Planperioden, zu minimieren. Als Kompromiß wird von variablen Planungsperioden ausgegangen, beginnend mit Jahreswerten und größer werdend mit fortschreitendem Planungszeitraum, siehe Bild 2.
Für Jahres- oder monatliche Zeitschritte (600 für einen Planungshorizont von 50 Jahren) ist die Anwendung jeder Optimierungstechnik unrealistisch. Die Analyse eines jährlichen oder monatlichen Systemverhaltens kann nur durch Simulation erfolgen. In einem Simulationsmodell können unter Verwendung kürzerer Zeitschritte als im Planungsmodell die Ergebnisse des Planungsmodells verifiziert sowie Bewirtschaftungsregeln getestet werden.
Ausgehend von diesen Überlegungen wurde ein heuristisches Zwei-Ebenen-Modellsystem entwickelt, bestehend aus
- einem Planungsmodell mit dynamischer Mehrzielanalyse für alle Planungsperioden im Planungshorizont,
- einem Bewirtschaftungsmodell zur Simulation des monatlichen bzw. jährlichen Systemverhaltens in allen Planungsperioden des Planungshorizontes, unter Einbeziehung der Monte-Carlo-Methode zur stochastischen Simulation.

Die Teilmodelle für das komplexe Modellsystem müssen durch zwei wesentliche Eigenschaften gekennzeichnet sein. Einerseits müssen sie mathematisch hinreichend einfach (bzw. sogar so einfach wie möglich) sein, um in das komplexe System integriert werden zu können. Andererseits sollten sie die wesentlichen ressourcen-relevanten natürlichen und sozio-ökonomischen Prozesse mit einer Genauigkeit widerspiegeln, die der geforderten Genauigkeit in der Entscheidungsfindung auf der Basis des CAD-Systems entspricht.
Die Entwicklung methodischer Grundlagen der Modellreduktion sowie geeigneter Teilmodelle des CAD-Systems MINE für das Beispielgebiet stellten einen Schwerpunkt der Zusammenarbeit zwischen dem IIASA, dem IfW sowie der FGT (TUD/BKKS) dar. Sie bildet die entscheidende, wenn auch etwas verdeckte, Grundlage des CAD-Systems. Mit diesen Arbeiten wurde eine wichtige Basis für zukünftige Modellanwendungen geschaffen. Dabei ist jedoch zu unterstreichen, daß bei jeder Implementierung des CAD-Systems der entscheidende Aufwand in der Entwicklung geeigneter Teilmodelle der zu erfassenden Prozesse liegen wird.

2. Planungsmodell

Für das Planungsmodell wurde von maximal 10 Planungsperioden unterschiedlicher Größe ausgegangen. Es dient der Ermittlung effizienter Strategien der Langfristentwicklung im Planungshorizont von 50 Jahren.
Für die Ermittlung effizienter Strategien wird eine Methode der Mehrzielanalyse – das Referenzpunktverfahren – angewandt. Gegenstand solcher Analysen sind Problemstellungen, die durch mehrere, oftmals gegenläufige Zielstellungen gekennzeichnet sind, z. B. die Minimierung der Kosten der Abwasserbehandlung bei Maximierung des Reinigungseffektes. Die Beantwortung einer solchen Fragestellung ist in der Regel nicht eindeutig.
Aufgabe der Mehrzielanalyse ist es, den Anwender bei der Auswahl effizienter Lösungen zu unterstützen. Als effizient wird eine Lösung genau dann bezeichnet, wenn alle anderen Lösungen für mindestens eine Zielfunktion ein „schlechteres" Ergebnis liefern.

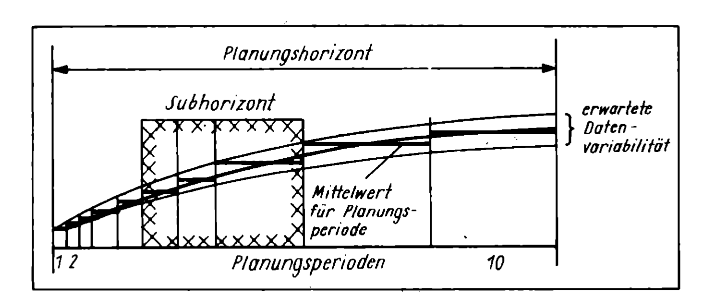


Bild 2 Zeitdiskretisierung für das Planungsmodell

3. Bewirtschaftungsmodell

Das Bewirtschaftungsmodell als Simulationsmodell erfüllt grundsätzlich eine duale Funktion:
1. Es ist für die Simulation der monatlichen oder jährlichen Bewirtschaftung des Systems auf der Grundlage vorgegebener Bewirtschaftungsregeln einsetzbar. Auf diese Weise werden die im Planungsmodell abgeleiteten langfristigen Strategien auf ihre Realisierbarkeit im Rahmen der Bewirtschaftung getestet. Im vorliegenden, wasserwirtschaftlich ausgerichteten System liegt der Schwerpunkt auf dem Nachweis der monatlichen Wasserbedarfsdeckung unter Berücksichtigung stochastischer Komponenten des Zuflusses und Wasserbedarfs. Zu ihrer Erfassung kommt die Monte-Carlo-Methode zum Einsatz.
2. Das Simulationsmodell wird zur Verifizierung der Ergebnisse des Planungsmodells eingesetzt.

Für das Planungsmodell sind zur Realisierung von Optimierungsverfahren starke Vereinfachungen erforderlich, es wird mit z. T. mehrjährigen Mittelwerten gerechnet. In das Bewirtschaftungsmodell werden verbesserte Teilmodelle integriert, die auf monatlichen oder jährlichen Zeitschritten basieren.

4. Software-Gestaltung

Es steht außer Frage, daß Modellsysteme für die Analyse langfristiger Strategien nicht den realen Planungs- und Entscheidungsprozeß ersetzen können, aber sie können und sollen diesen Prozeß unterstützen. Entsprechende Systeme werden nur dann in der Entscheidungsfindung akzeptiert, wenn sie zu üblichen Praktiken kompatibel, nutzerfreundlich, zuverlässig und robust sind. – Mit der Entwicklung des CAD-Systems MINE wurde versucht, diesen Zielstellungen gerecht zu werden.
Das in den vorangegangenen Abschnitten dargestellte methodische Konzept entspricht weitgehend der Realität in der langfristigen wasserwirtschaftlichen Planung. Das System ist auf die notwendigen Entscheidungen und üblichen Kriterien der langfristigen Planung und Bewirtschaftung ausgerichtet. Die Zeitdiskretisierung entspricht den praktischen Bedingungen. Das dem Planungsmodell zugrunde liegende Referenzpunkt-Verfahren für die Mehrzielanalyse ist hervorragend für einen interaktiven Modelleinsatz unter Einbeziehung subjektiver und nicht formalisierter Aspekte geeignet.
Grundlegende technische Voraussetzungen für die interaktive Modellanwendung ist der

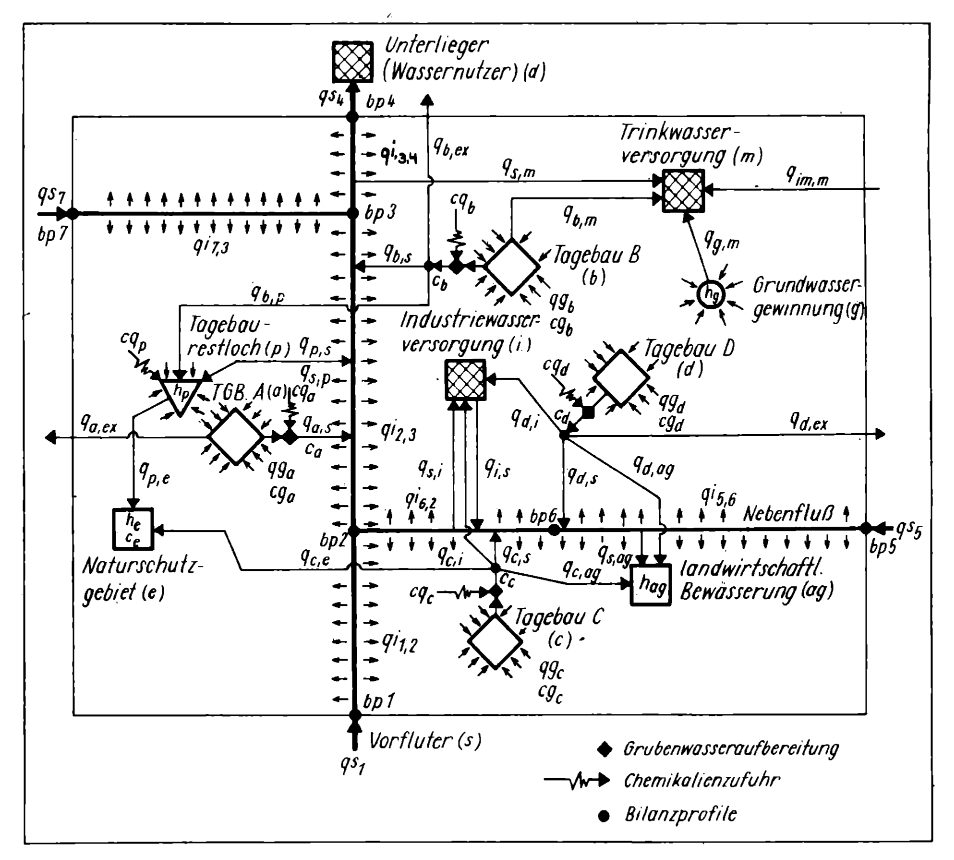


Bild 3 Schematischer Überblick über das Testgebiet

Rechnerzugriff über Terminal. Unter dieser Voraussetzung wurden im CAD-System folgende Aspekte berücksichtigt:

- hierarchisch strukturierte Systemdatenbank für Eingangsdaten und Berechnungsergebnisse mit einem robusten bildschirmorientierten Daten-Darstellungs- und Editierungssystem.
- sprachliche Anpassung der Modellnutzung an die Praxis.

Neben dem textorientierten Terminal eröffnen Farbgrafiksysteme weitere Möglichkeiten für die interaktive, nutzerfreundliche Systemgestaltung. Interaktive Grafik erhöht zweifellos die Attraktivität eines Systems. Erst bei ihrem Einsatz ist von einem echten CAD-System zu sprechen.

Das System wurde in FORTRAN 77 für den Computer VAX 11/780 mit einem AED512-Farbgrafiksystem entwickelt. Es ist modular strukturiert. Anpassungen an beliebige Praxisprobleme sind – sofern der Problemcharakter und die Problemdimension adäquat sind und die erforderlichen Teilmodelle der relevanten Prozesse verfügbar sind – mit vertretbarem Aufwand realisierbar.

Eine abgerüstete Implementierung wurde in der DDR am A 6402 realisiert (ohne Grafik). Für 16-Bit-PC ist eine Implementierung, einschließlich Grafik, in Vorbereitung.

5. Anwendung von CAD-MINE

Einen schematischen Überblick zum Testgebiet im Lausitzer Braunkohlenrevier gibt Bild 3.

Folgende **Entscheidungen** werden im Modell analysiert:

- Wasserverteilung zwischen Tagebauen, Vorflutern, Grundwasser, Tagebaurestloch, Wassernutzern und Naturschutzgebiet,
- Chemikalienzufuhr zu den Grubenwasser-Reinigungsanlagen und zum Tagebaurestloch,
- zeitlicher Ablauf der Tagebauentwässerung.

Entscheidungskriterien sind u. a.:

- Ökonomie der Tagebauentwässerung und Wasserbereitstellung für verschiedene Nutzer,
- Ökonomie der Umweltschutzmaßnahmen,
- Befriedigung des Wasserbedarfs, ausgedrückt in Versorgungssicherheiten,
- Befriedigung von Umweltkriterien wie die Einhaltung von Grenzwerten der Gewässerbeschaffenheit.

Das CAD-System ist für die praktische Handhabung weitestgehend selbsterklärend konzipiert worden.

Nach dem Start des CAD-Systems ist über den Umfang der gewünschten Farbgrafik-Darstellung zu entscheiden. Folgendes Menü wird angeboten ($\bar{V}$ = Cursor-Position):

Ausführliche Grafik	gebe A	:
verkürzte Grafik	gebe V	:
keine Farbgrafik	gebe Return	:
....	bitte Antwort	:$\bar{V}$

Das System akzeptiert am Terminal nur zulässige Antworten, also A(a), V(v) und Return (NEWLINE). Nach Eingabe falscher Buchstaben usw. geht das System in oben dargestellte Warteposition zurück. Entsprechend ist das gesamte Dialogsystem aufgebaut. Falsche Antworten werden grundsätzlich nicht akzeptiert. Eine Fortsetzung ist nur bei zulässiger Antwort möglich.

Nach Eingabe des Buchstaben V wird eine grafische Übersicht zum Testgebiet am Farbterminal dargestellt.

Anschließend wird ein Schema des Testgebietes (analog zu Bild 3) ausgegeben. Dabei wird die Wassermenge durch die Strichstärke und die Wasserbeschaffenheit durch die Farbe skaliert.

Nach Abschluß der grafischen Informationen ist im nächsten Menü zwischen dem Planungsmodell und dem Bewirtschaftungsmodell zu entscheiden.

Nach dem Start des Planungsmodells kann zwischen dem Übergang zum Bewirtschaftungsmodell, der grafischen Darstellung von Eingangsdaten (bzw. gespeicherter Ergebnisse), der Darstellung/Editierung von Daten sowie dem Start der Mehrzielanalyse gewählt werden. Im Modus Darstellung/Editierung ist ein Zugriff zu allen Eingangsdaten, die hierarchisch strukturiert sind, gegeben.

Nach Start der Mehrzielanalyse ist zu entscheiden, welche Indikatoren als Kriterium und welche als Nebenbedingungen Berücksichtigung finden, einschließlich möglicher Korrektur der oberen Grenze für das Kriterium. Nach dem Start der eigentlichen Mehrzielanalyse werden Zwischenergebnisse auf einer Farbgrafik dargestellt.

Nach Abschluß der Berechnung wird die ermittelte Pareto-optimale Lösung ausgegeben. Anschließend ist zwischen einer detaillierten Ergebnisdarstellung, der Fortsetzung oder dem Abschluß der Analyse zu wählen. Die Ergebnisdarstellung erfolgt analog der oben erläuterten Darstellung der Eingangsdaten. Darüber hinaus können weitere grafische Darstellungen in Form von Ganglinien und Balkendiagrammen realisiert werden.

Eine Fortsetzung der Analyse ist an beliebiger Stelle in oben dargestellter Menüfolge möglich. Bei einem Übergang zum Bewirtschaftungsmodell wird nach möglichen Daten-Display/Editierung die Monte-Carlo-Simulation gestartet. Eine Darstellung der Ergebnisse erfolgt als Häufigkeitsverteilung für ausgewälte Indikatoren. Weiterhin können detaillierte statistische Informationen zu ausgewählten Parametern in Form von Häufigkeitsverteilungen und Auftretenswahrscheinlichkeiten dargestellt werden. Eine nachfolgende Fortsetzung der Berechnungen mit vergleichender Auswertung der Ergebnisse des Planungsmodells und Bewirtschaftungsmodells ist in beiden Modellen möglich.

In der dargestellten Verfahrensweise sind umfangreiche Variantenuntersuchungen mit dem CAD-System realisierbar, beispielsweise zur Untersuchung der Wirksamkeit ökonomischer Stimuli.

Literatur

/1/ *Orlovski, S.; Kaden, S.; van Walsum, P.:* 1986 Decision Support Systems for the analysis of regional water policies. Final reprot of the collaborative IIASA "Regional Water Policies" (1984–1985), IIASA, WP-86-33

/2/ *Kaden, S.; Kreglewski, T.:* 1986. Decision support system MINE-problem solver for nonlinear multicriteria analysis. IIASA, CP-86-5

/3/ *Kaden, S.:* 1988. CAD-System MINE; Regionale wasserwirtschaftliche Strategien in Braunkohlebergbaugebieten. Messen/Steuern/Regeln, 1988, im Druck

Rezensionen

Uhlemann, H.-J.
Berlin und die Märkischen Wasserstraßen
Transpress-VEB Verlag für Verkehrswesen, Berlin 1987, 192 S., 195 Abb., 11 Tab.

Die Geschichte der Verkehrsmittel als allgemein bekannte Widerspiegelung meist technischer Höchstleistungen hat viele Freunde gefunden; man denke an das weit verbreitete Interesse z. B. für die Eisenbahn-Geschichte, für die Marine-Geschichte usw. Anders noch als diese Verkehrsmittel greift der Bau von Wasserstraßen in die Gestaltung der natürlichen Umwelt ein.

In langjähriger engagierter Arbeit hat der Verfasser eine Fülle einschlägigen Materials für die Veröffentlichung zusammengestellt. Die verarbeiteten geographischen, ökonomischen, technischen und politischen Fakten machen das Buch nicht unbedingt zu einer leichten Lektüre. In diesem Sinne ist das Buch mehr als eine historische Reminiszenz. Es ist von Nutzen auch für die heutige Praxis, was allgemein ein Aspekt unserer Beschäftigung mit der Geschichte sein muß. So weist der Verfasser z. B. an mehreren Stellen darauf hin, wie die Nichtbeachtung früherer Erfahrungen zu Fehlschlägen führte. Darüber hinaus sieht der Rezensent einen wesentlichen und aktuellen Wert der Arbeit in der Tatsache, daß die Verbesserung der Verkehrs- sowie der wasserwirtschaftlichen Verhältnisse sowohl auf den natürlichen als auch künstlichen Wasserstraßen eine außerordentlich dynamische Angelegenheit ist. Das Buch ist für Wasserbauer, Wasserwirtschaftler, Verkehrsökonomen und Heimatforscher eine Fundgrube vielfältiger Informationen. Bei einer Neuauflage wäre die Beigabe einer geographischen Übersichtskarte wünschenswert, um den Gesamtüberblick zu fördern. Insgesamt ist dem Autor und dem Verlag für dieses Buch zu danken. Möge sein Erscheinen Anlaß und Ermutigung sein, die weiteren umfangreichen Arbeiten des Autors zur Historie der Wasserstraßen auf dem Territorium der DDR ebenfalls herauszubringen.

Dr.-Ing. G. Glazik

Raabe, Joachim
Hydro Power—the design, use, and function of hydromechanical, hydraulic and electrical equipment
VDI Verlag Düsseldorf, 1985.
684 S., 342 Abb., 28 Taf., 1334 Lit.

Im internationalen Schrifttum stellt dieses Buch eine der umfangreichsten und zugleich aktuellsten Darstellungen zum Ausbau der Wasserkraftnutzung dar. Es basiert auf deutschsprachigen Vorgängern (z. B. *Raabe*, 1970). Einer weltweiten Übersicht zur gegenwärtigen Wasserkraftnutzung folgen ökonomische Aspekte und ein Überblick über den Wasserkraftausbau großer Flußsysteme. Das Werk behandelt des weiteren die Beziehung Stauanlage–Wasserkraftwerk, Optimierungsuntersuchungen, grundlegende hydromechanische Zusammenhänge (bezogen auf Wasserturbinen), Wirbel- und Grenzschichtuntersuchungen, umfangreiche Untersuchungen zur Kavitation und zum Druckstoß, Ähnlichkeit und Maßstabseffekte sowie Meßtechnik, Entwurf und Konstruktion von Wasserkraftmaschinen (Turbomaschinen, auch von Kleinturbinen), mit zahlreichen praktischen Beispielen der letzten Jahre und einem kurzen Einblick in CAD von Turbinen.

Ein Kapitel über die Steuerung und die Generatoren der Wasserkraftmaschinen schließt das umfassende Werk ab. Es ist allen zu empfehlen, die in Lehre und Forschung sowie beim Entwurf, Bau und Betrieb von Wasserkraftanlagen tätig sind.

G. Bollrich

Rechnergestütztes System der langfristigen Flußgebietsbewirtschaftung am Beispiel der Spree

Peter BRAUN; Dr. rer. nat. Walter FINKE; Dr. sc. Albrecht GNAUCK;
Dr. sc. Michael SCHRAMM; Dr.-Ing. Wolfram THIELE
Beitrag aus dem Institut für Wasserwirtschaft in der Wasserwirtschaftsdirektion Berlin

Die Aufgabe der langfristigen Flußgebietsbewirtschaftung besteht in der Durchsetzung der rationellen Wasserverwendung (RWV). Ein rechnergestütztes System der langfristigen Flußgebietsbewirtschaftung hat dazu die Entscheidungsgrundlagen zu liefern. Letztere werden benötigt für die langfristig-optimale Bewirtschaftung von Talsperren, Überleitungen und anderen wasserwirtschaftlich bedeutenden Anlagen, für Sanierungs- und wasserwirtschaftliche Entwicklungskonzeptionen, Standortgutachten, Investitionsprogramme und wasserrechtliche Genehmigungsverfahren. Diese Aufgaben stehen auch untereinander in einem engen Zusammenhang. Gemäß § 16 Wassergesetz vom 2. 7 1982 hat die Staatliche Gewässeraufsicht (SGA) Wasserbilanzentscheidungen zu treffen, die die Voraussetzung für Genehmigungen von Gewässernutzungen sind.

Die Vorgabe von Normativen sowie die Erteilung, Änderung und Aufhebung von Nutzungsgenehmigungen bedarf eines außerordentlich hohen Kenntnisstandes über die gebietsspezifischen Probleme des betrachteten wasserwirtschaftlichen Systems. Dieses System ist komplex strukturiert und baut sich aus den Subsystemen **Naturprozesse** (Wasserdargebot nach Menge und Beschaffenheit) und gesellschaftliche Anforderungen an das Wasser **(Nutzungsprozesse)** auf.

Die Komplexität des wasserwirtschaftlichen Systems eines größeren Flußgebietes, besonders eines intensiv genutzten, verlangt nach rechnergestützten Methoden zur Lösung von Bewirtschaftungsaufgaben. Das Flußgebiet der Spree gehört zu den intensiv genutzten Flußgebieten (Bild 1). Außerdem ist es durch sich im Flußverlauf stark ändernde wasserwirtschaftliche Verhältnisse gekennzeichnet.

Aufgrund der Komplexität des Problems als auch des Flußgebietes kann die Aufgabe der langfristigen Flußgebietsbewirtschaftung nicht mit einem mathematischen Modell gelöst werden, sondern nur mit einem ganzen System von mathematischen Modellen, Rechenprogrammen und Methoden. Dieses System kann nur schrittweise im Baukastenprinzip aufgebaut werden. Welche Bausteine zur Bewirtschaftung eines Flußgebietes benötigt werden, hängt von der speziellen Form der Natur- und Nutzungsprozesse in diesem Flußgebiet ab. Dadurch ist ein rechnergestütztes System der Bewirtschaftung als Ganzes nicht auf ein anderes Flußgebiet übertragbar, im Gegensatz zu den übertragbaren einzelnen Softwarelösungen und Modellen. Der bekannteste Baustein für die langfristige Flußgebietsbewirtschaftung ist das Langfristbewirtschaftungsmodell (LBM). Dieser Modelltyp wurde für detaillierte Flußgebietsbilanzen nach der Menge geschaffen und erstmals auf komplexe Probleme nach Menge und Beschaffenheit übertragen. LBM basieren auf der Monte-Carlo-Methode und arbeiten auf Monatsbasis. Sie berücksichtigen den Systemcharakter der Flußgebiete. Unter den Bedingungen einer intensiven Wassernutzung ist das eine Voraussetzung für ein Modell der Wasserbewirtschaftung. Sie erlauben die Untersuchung des Verhaltens des Systems bei unterschiedlichen Randbedingungen unter Beachtung der tatsächlich ablaufenden natürlichen, wasserwirtschaftlichen und ökonomischen Prozesse und ihres stochastischen Charakters. Ein LBM besteht aus drei Teilen (Bild 2):

1. Das **stochastische Simulationsmodell** für das Wasserdargebot erzeugt aus langfristig beobachteten Monatswerten des Durchflusses hinreichend lange Zeitreihen, die die wesentlichen statistischen Merkmale, wie Mittelwert, Standardabweichung, Verteilungsfunktion, Auto- und Kreuzkorrelation bewahren und über ein Zufallsglied die Stochastik des Dargebotes widerspiegeln.

2. Das **deterministische Bewirtschaftungsmodell** simuliert alle anthropogenen Einflüsse im Flußgebiet und bilanziert die Nutzungen mit dem verfügbaren Dargebot. Neben dem natürlichen Dargebot des Monats wird Zuschußwasser aus den Speichern – entsprechend den vorgegebenen Abgaberegelungen – zur Bedarfsdeckung herangezogen.

3. Der **Registrierungsteil** erfaßt alle interessierenden, sich über die Monate einstellenden Systemzustände und ihre statistische Auswertung. Den zu registrierenden Größen werden Wahrscheinlichkeitsaussagen zugeordnet, die sich z. B. als Versorgungssicherheiten bestimmter Nutzer unter gewählten Bewirtschaftungsstrategien interpretieren lassen. Des weiteren können Aussagen über das wahrscheinliche Eintreten und die Dauer von Defizitperioden ermittelt werden.

Mittels dieser drei Bestandteile werden Natur- und Nutzungsprozesse hinreichend lange nachgebildet, um ausreichende statistische Sicherheiten in den Aussagen zu erhalten.

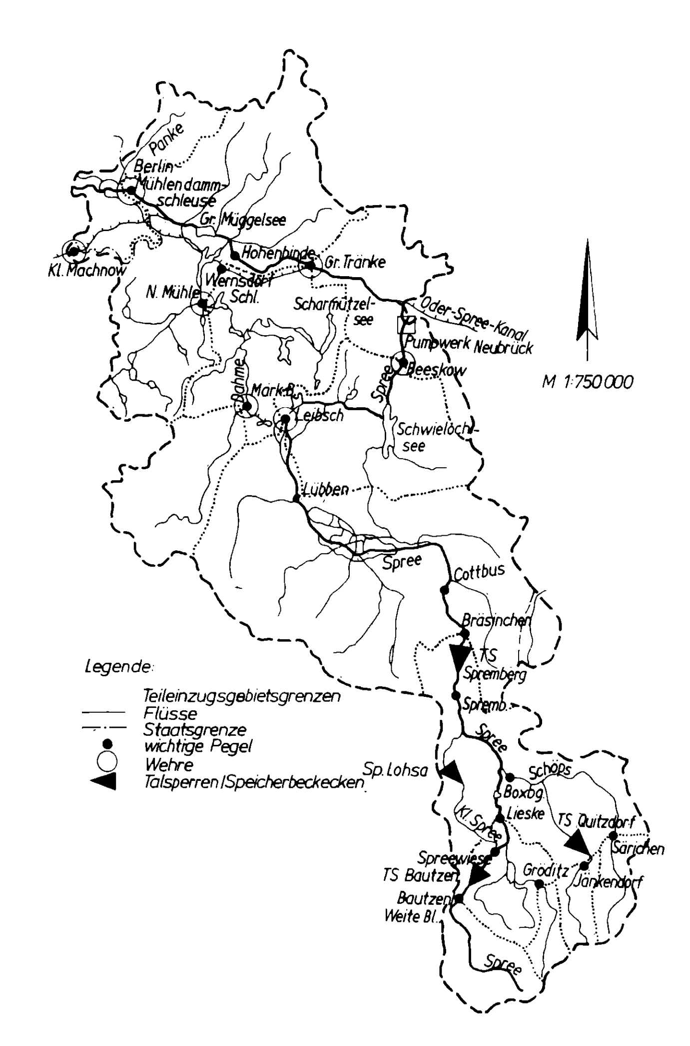


Bild 1
Einzugsgebiet der Spree mit den wichtigsten Anlagen zur Durchflußsteuerung

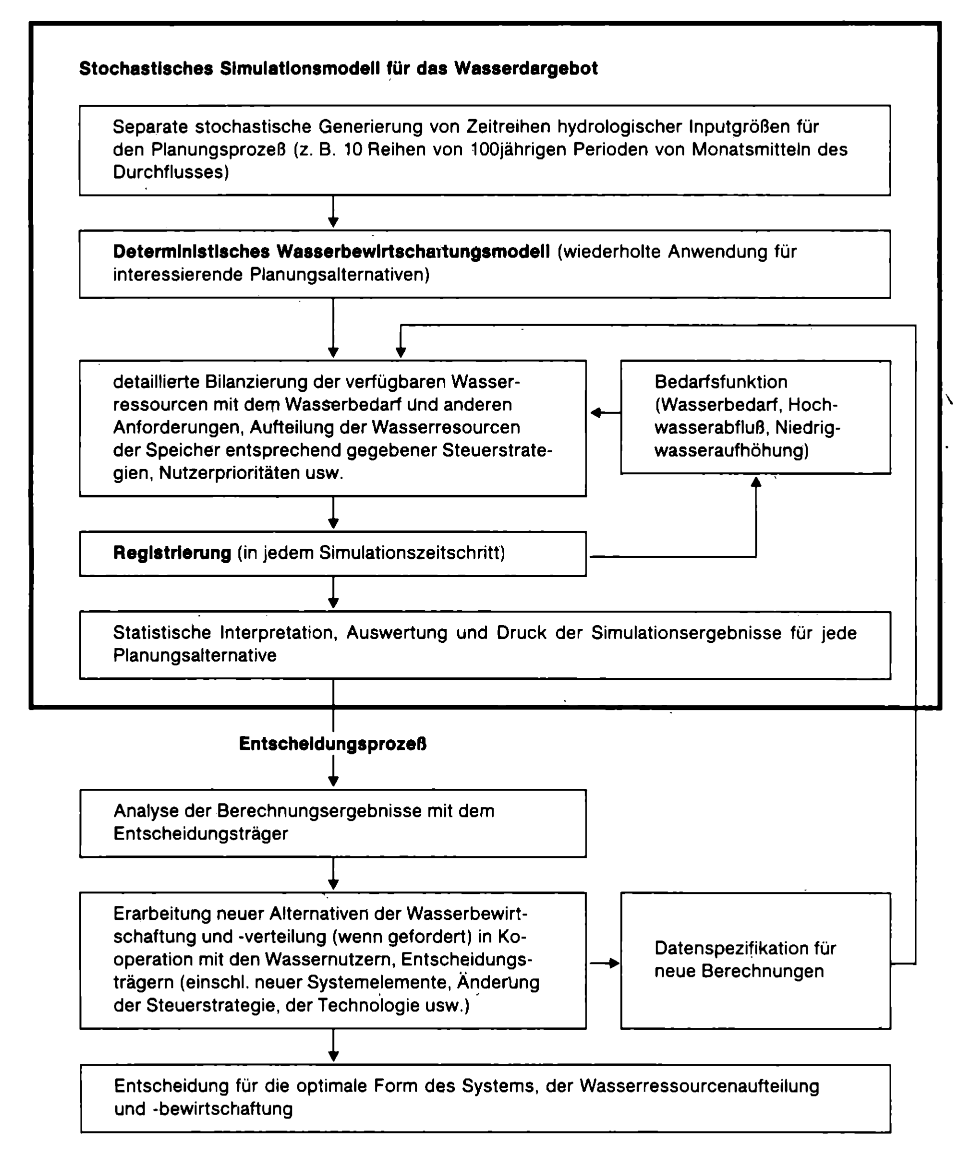


Bild 2

Die gewünschten Ergebnisse werden erzielt, indem Variantenserien mit unterschiedlich vorgegebenen Randbedingungen gerechnet werden (Variantenoptimierung). Eine Variantenserie kann durchgeführt werden, um Probleme aller in der Einleitung genannten Aufgaben der Wasserbewirtschaftung zu untersuchen, wenn es sich um ein komplexes LBM nach Menge und Beschaffenheit handelt.

Die Anpassung des Bausteins LBM in seiner verallgemeinerten, anwenderfreundlichen Form GRM /1/ auf das Flußgebiet der Spree führt aufgrund des starken Bergbaueinflusses nicht zu voll befriedigenden Ergebnissen. Deshalb wurde ein LBM entwickelt, das von einer neuen Methodik der stochastischen Simulation des Wasserdargebotes ausgeht und die Berücksichtigung der Wechselwirkung zwischen Grund- und Oberflächenwasser ermöglicht. Für die bergbaubeeinflußten Gebiete wurden künstliche Reihen meteorologischer Größen erzeugt und mittels des LBM-kompatiblen Einzugsmodells EGMOD für Monatswerte /2/ in anthropogen unbeeinflußte Abflußreihen transformiert. Da außerdem noch ein dynamisches Speicherbilanzmodell für ein Tagebaurestloch unter Einbeziehung der zeitlich veränderlichen Grundwasserabsenkung als Teil des LBM entwickelt wurde, ist die vollständige Aussagekraft des LBM für das komplizierte Spreegebiet gewährleistet.

Ebenfalls eine Erweiterung des Grundtyps LBM stellt das Langfristbewirtschaftungsmodell für den Hochwasserbereich an der Oberen Spree HQLBMS dar.

Die Langfristbewirtschaftungsmodelle ermöglichen den Leistungsnachweis für ein vorgegebenes operatives Steuerungsverfahren. An der Spree war mit Hilfe von HQLBMS zu untersuchen, welche Effektivitätserhöhung durch den Einsatz des Echtzeitsteuerungsmodells HQKBMS (Softwarekomponente eines CAD/CAM-Arbeitsplatzes der FG-Zentrale Cottbus) für die Steuerung der Speicher Bautzen, Quitzdorf und Spremberg erreicht wird. Dabei gelang es, sowohl bei der Bereitstellung der Belastungsgrößen mit der mehrdimensionalen stochastischen Abflußsimulation auf 6 h-Basis als auch bei der Bewirtschaftung des Speichersystems mit dem Verfahren der Vorentlastung und der aktuellen Bemessung des unbeherrschbaren HW-Schutzraumes neue Lösungen zu finden (Bild 3) /3/. Durch Bewirtschaftungssimulationen mit HQLBMS für unterschiedliche HW-Schutzräume konnte nachgewiesen werden, daß durch den Einsatz des Bausteins HQKBMS für die Abgabesteuerung an der TS Bautzen 1,5 km^3, an der TS Quitzdorf 0,25 km^3 und an der TS Spremberg 2 km^3 Stauraum zusätzlich bereitgestellt werden können. Damit ergibt sich, berechnet auf der Basis der spezifischen Investkosten (M/m^3 Stauraum) der Nutzen durch die veränderte Abgabesteuerung an der TS Bautzen von 6,45 Mill. M, an der TS Quitzdorf von 1,28 Mill. M und an der TS Spremberg von 2,84 Mill. M. Die Testrechnungen brachten wertvolle Hinweise für die Praxisfreundlichkeit des Programms HQKBMS, die in das stochastische Bewirtschaftungsmodell HQLBMS Eingang fanden.

Die zusätzlich bereitgestellten Speicherräume können entweder für den HW-Schutz genutzt werden oder gemäß Patentlösung /4/ den Betriebsstauraum erhöhen. Im letzten Fall ergibt sich eine erhöhte Speicherleistung für den Entnahmebedarf (Bewässerung, Fischwirtschaft) sowie bei der Nährstoffelimination.

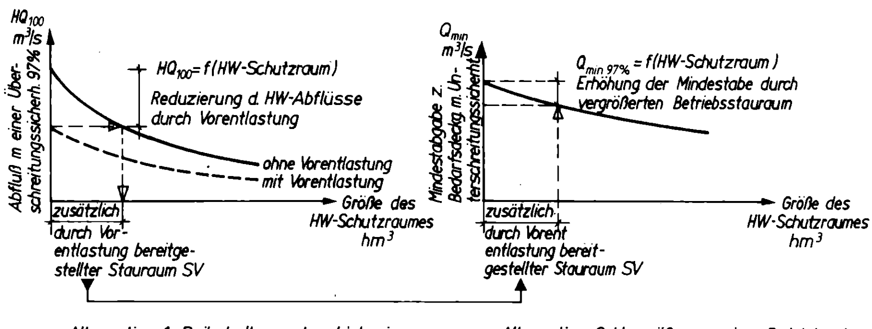
Die o. g. Erweiterungen der LBM-Technik beziehen sich nur auf die Mengenbewirtschaftung. Jedoch wird eine Wasserbewirtschaftung nach Menge und Wasserbeschaffenheit benötigt. So werden immer häufiger von Nutzern Anforderungen nach Menge und Beschaffenheit an die Wasserressource gestellt, während die Beschaffenheit das nutzungsbeschränkende Moment darstellt. Der Gewässerschutz und die Sanierungskonzeptionen bedürfen modellgestützter Entscheidungsgrundlagen. Also ist auch die Schaffung eines komplexen langfristigen Bewirtschaftungsmodells für Menge und Beschaffenheit eine aktuelle Aufgabe. Mengen- und Beschaffenheitsprozesse weisen jedoch deutliche Unterschiede auf, die sich in den existierenden speziellen Modellen widerspiegeln. Die Mengenmodelle basieren auf aus Ganglinien oder Tageswerten ermittelten gesicherten Monatsmittelwerten, während für eine Beschaffenheitsgröße meist nur 1 bis 4 Meßwerte im Monat existieren. Es interessiert eine Vielzahl von Beschaffenheitsgrößen und in den einzelnen Flußabschnitten sind oft unterschiedliche Größen von Bedeutung. Der anthropogene Einfluß auf die Gewässerbeschaffenheit ist ausschlaggebend. Es gibt Stoffab- und umbauprozesse, die modelliert werden müssen, während bei der Menge das Längsschnittverhalten zwischen zwei Abflußmeßstellen meist durch einfache Beziehungen berücksichtigt werden kann. Die Mengen von Entnahmen, Ein- und Überleitungen der wichtigsten Nutzer sind relativ gut bekannt, nicht aber ihre wassergütemäßige Zusammensetzung /5/. Ein Mengenmodell kann die Kontinuität voraussetzen, ein Beschaffenheitsmodell muß Stoffumwandlungen, Sedimentation, Wechselwirkungen mit der Atmosphäre usw. berücksichtigen. Ein Modell, das all dies für ein großes Einzugsgebiet erfüllt, ist vorerst Illusion. So wurden komplexe LBM für kleine Teilgebiete der Spree und spezielle Aufgabenstellungen geschaffen.

Grundlage dafür ist die komplexe Darstellung des Wasserdargebotes.

Für eine gekoppelte stochastische Simulation der Wassermenge und ausgewählter Wassergüteparameter an einigen Gütepegeln im Einzugsgebiet der TS Bautzen können gegenwärtig nur lineare Mehrfachregressionsmodelle in Ansatz gebracht werden, da lediglich neunjährige trendfreie Reihen von Terminwerten der Wassergüte zur Verfügung stehen. Eine Korrelationsanalyse der zu Monatsmittelwerten verdichteten Reihen der Güteparameter und vermuteter Einflußgrößen zeigt

- signifikante Bindungen zwischen Güteparametern und Einflußgrößen wie Durchfluß, Luft- und Wassertemperatur
- signifikante Beziehungen der Güteparameter im Flußlängsschnitt.

Beispielsweise ergeben sich für den Gütepe-



Alternative 1 Beibehaltung der bisherigen Betriebsstauraumgröße
Folge: · Hochwassersicherheit erhöht
: Mindestabgabe zur Bedarfsdeckung und deren Sicherheit bleibt konstant

Alternative 2 Vergrößerung des Betriebsstauraumes um SV
Folge: · Mindestabgabe bei konstanter Sicherheit erhöht
· Hochwassersicherheit bleibt konstant

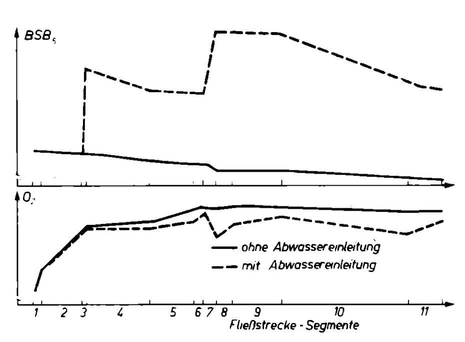


Bild 4 Simulation LBM SPROX, Jahresmittelwerte

◀ **Bild 3** Simulationsrechnungen mit unterschiedlichen Speicherkenngrößen gestatten die Beschreibung der Abhängigkeit zwischen Sicherheitsangaben und Größe des Hochwasserschutzraumes jeweils mit und ohne Ansatz der Vorentlastung

gel Rodewitz folgende gesicherte Korrelationen

Einflußgröße Güteparameter	Durchfluß *Q*	Lufttemp. *LT*	Wassertemp. *WT*
O_2	0,55	–	−0,49
BSB_5	−0,28	−0,26	−0,23
NO_3-N	0,39	–	–
NH_4-N	−0,48	–	–
$O-PO_4$	−0,69	–	–

und für die aufeinanderfolgenden Pegel Rodewitz als Oberpegel (OP) und Bautzen als Unterpegel (UP) erhält man nachstehende Korrelationen

Güteparameter	O_2	BSB_5	NO_3-N	NH_4-N	$O-PO_4$
Korrel.-Koeff.	0,50	0,43	0,47	0,67	0,63

Die Analyse legt Regressionsansätze der Form

$G_{UP} = f(Q_{UP}, LT_{UP}, WT_{UP}, G_{OP})$ mit G als

Güteparameter nahe, wobei selbstverständlich nicht immer alle Einflußgrößen auftreten müssen. Wiederum als Beispiel ergibt sich für den Güteparameter NH_4-N am Pegel Bautzen als günstigste Regressionsbeziehung

$NH_4-N_{Bautzen} = f(Q_{Bautzen}, NH_4-N_{Rodewitz})$

mit einem multiplen Korrelationskoeffizienten von $r = 0{,}70$.

Die Gesamtheit der Regressionsbeziehungen für alle festgelegten Gütepegel ermöglicht damit in Verbindung mit einer stochastischen Simulation von Durchfluß, Luft- und Wassertemperatur eine gekoppelte Gütesimulation im Flußlängsschnitt der Spree als Basis für eine Langfristbewirtschaftung.

Das Programm LBMSPROX stellt ein gekoppeltes Wassermenge-Wassergüte-Modell dar. Die mit einem LBM mengenseitig möglichen Aussagen zur Versorgungssicherheit der in einem Flußgebiet herrschenden Nutzungen werden auf Wassergütegrößen erweitert. Die Kopplung erfolgt über die langjährig simulierten Durchflüsse an den Meßprofilen der Wassergüte. Damit ist eine Grundvoraussetzung für Modelle dieses Typs gegeben: Eine Simulation der Wassergüte ist auf diese Weise bei Durchfluß- bzw. Temperaturabhängigkeit der zur Einschätzung von Nutzungsanforderungen verwendeten Gütegrößen möglich. Das Programm LBMSPROX besteht aus den Teilen LBM und SPROX. Die langjährige Simulation von Durchflüssen und Wassertemperatur (indirekt über Lufttemperatur) erfolgt mittels LBM, zur Simulation des Sauerstoffhaushaltes wird ein modifiziertes Bilanzmodell nach *Streeter-Phelps* verwendet. Unter Berücksichtigung sauerstoffeintragender und -verbrauchender Prozesse sowie Translationsprozesse in einem segmentweise untergliederten Flußlauf werden Wahrscheinlichkeitsaussagen über die Erfüllung der Nutzungsanforderungen hinsichtlich Sauerstoffgehalt und BSB getroffen. Neben der monatsweisen Berechnung von Unter- bzw. Überschreitungswahrscheinlichkeiten werden auch bedingte Wahrscheinlichkeitsaussagen sowie spezielle statistische Angaben zur weiteren Information über die Nutzungsprozesse im Gewässer ausgegeben. Für das Beispielgebiet der oberen Spree (Quelle bis TS Bautzen) wurden anhand der im Routinemeßprogramm berücksichtigten Wassergüte-Meßprofile mittels langjähriger Durchflußmeßreihen die für ein LBM notwendigen Koeffizienten berechnet. Die daraus erzeugten stationären Durchflüsse werden im Translationsterm des Modells SPROX berücksichtigt und gestatteten auf diese Weise eine kombinierte Aussage zur Mengen-Güte-Problematik (Bild 3).

Das Programm LBMREG dient der Berechnung des P-Rückhaltes in einem stehenden Gewässer. In Abhängigkeit von langjährigen Simulationen des Zuflusses werden stationäre Verteilungen der P-Konzentration geschätzt. Dabei spielt die Höhe der mengenseitigen Nutzungsanforderungen eine große Rolle. Das dem Programm LBMREG zugrunde liegende LBM ist mit dem empirischen Regressionsmodell der P-Belastung nach *Vollenweider* und anderen Güteregressionen gekoppelt. Im Gegensatz zum Programm LBMSPROX, das eine Kopplung eines Wassermengen- mit einem Selbstreinigungsmodell darstellt, werden im Programm LBMREG ein Wassermengen- mit einem Eutrophierungsmodell verbunden. Die wahrscheinlichen Belastungen einer Talsperre bzw. eines stehenden Gewässers werden für verschiedene Zuflußklassen ausgegeben. Neben Angaben zu statistischen Maßzahlen werden auch bedingte Wahrscheinlichkeiten numerisch und/oder graphisch ausgegeben. Weitere statistische Zusammenfassungen sind möglich. Das Programm LBMREG eignet sich zur Vorhersage der P-Belastung von Seen und Talsperren bei unterschiedlichen Nutzungen im Gewässer oberhalb der einzuschätzenden TS oder eines Sees. Aufgrund der direkten Kopplung eines LBM und eines Wassergütemodells ist es erstmals möglich, kombinierte Menge-Güte-Aussagen „in einem Schritt“ zu erhalten, ebenso wie beim LBMSPROX. Beide Modelle stellen insofern einen neuen Typ dar. Die gegenwärtig möglichen stationären Aussagen bezüglich Menge und Güte beziehen sich auf monatliche Zeitintervalle, die auch güteseitig für mittelfristige bzw. langfristige Einschätzungen akzeptiert werden können. Eine Verbesserung hinsichtlich stärkerer Berücksichtigung kausaler Zusammenhänge im Gewässer ist durch Verkürzung dieses Zeitintervalls analog des HQLBMS zu erwarten.

Literatur

/1/ *Kozerski, D.*: Rechenprogrammsystem GRM als verallgemeinertes Langfristbewirtschaftungsmodell. Wasserwirtschaft–Wassertechnik **31** (1981) S. 390–394 u. 415–419

/2/ *Pfützner, B.; Glos, E.*: Das Einzugsgebietsmodell EGMO für wasserwirtschaftliche Planung und Durchflußvorhersage im Flachland der DDR. Wasserwirtschaft–Wassertechnik **36** (1986) S. 156–157

/3/ *Thiele, W.; Büttner, M.*: Zur Anwendung des Prinzips der Eingangssignalentdeckung bei der Bewirtschaftung des Oberflächenwassers in Flußgebieten. Acta Hydrophys., 1/88

/4/ *Thiele, W.*: Wirtschaftspatent DD 232 082 A1 E 02 B8/00 Verfahren zur Kapazitätserweiterung des Betriebsstauraumes von Mehrzwecktalsperren. AfEP Berlin

/5/ *Seidemann, J.*: Zur einheitlichen Probenahme bei der Untersuchung von Abwasser. Wasserwirtschaft–Wassertechnik **36** (1986) S. 9–10

Fachkolloquium Aquapura '88 – Projektierung und Bau von Kleinkläranlagen

Die Informationsstelle Land- und Meliorationsbau des Bezirkes Erfurt veranstaltet gemeinsam mit der Staatlichen Bauaufsicht des Bezirkes ein Fachkolloquium zu o. g. Thema.

Das Kolloquium wird stattfinden in Weimar, in der Weimarhalle, am Dienstag, dem 22. November 1988 von 9.00 bis etwa 16.00 Uhr. Einladungen können angefordert werden bei der

Informationsleitstelle Land- und Meliorationsbau des Bezirkes Erfurt, Sitz Mellingen Umgehungsstr. 78 b, Mellingen 5301

Telefon Mellingen 331
Telex 618910 zbowl dd

Ehrentafel

Anläßlich der 30. Zentralen Messe der Meister von morgen, Leipzig 1987, wurden im Bereich Umweltschutz und Wasserwirtschaft ausgezeichnet:

Mit der **„Medaille für hervorragende Leistungen in der Bewegung der Messe der Meister von morgen"**:

Jugendforscherkollektiv der FDJ des VEB WAB Karl-Marx-Stadt (Leitung Michael Wagner) für das Exponat „CAD-Technologenarbeitsplatz Trinkwassernetze"
Jugendforscherkollektiv der FDJ des VEB KWP (Leitung Dr. Claudia Menschel) für das Exponat
„Optimierung der Vorreinigung im Wasserwerk Dresden-Hosterwitz"
Jugendforscherkollektiv der FDJ des VEB KWP (Leitung Dr. Hartmut Lopp) für das Exponat
„CAD-Baustein: Variantenvergleich und Optimierung von Verfahren der Abwasser- und Schlammbehandlung"
Jugendforscherkollektiv der FDJ des VEB WAB Rostock (Leitung Peter Hahn) für das Exponat
„Datenbank – Laborergebnisse"

Mit der **„Ehrenplakette des Amtes für Jugendfragen beim Ministerrat der DDR"** für die Förderung und Entwicklung der Bewegung MMM:

Hartwig Kanold, VEB KWP

Mit dem **„Ehrenpreis des Vorsitzenden des Zentralvorstandes der IG Bergbau – Energie"**:

Jugendforscherkollektiv des VEB WAB Magdeburg (Leitung Jürgen Nissen) für das Exponat
„Rechnergestützte Minderung der Arbeitsschwerebelastung"

Mit dem **„Ehrenpreis des Vorsitzenden des Fachverbandes Wasser der KDT"**

Jugendforscherkollektiv des VEB WAB Schwerin für das Exponat „Schwingsaitenhandmeßgerät"

Mit dem Ehrentitel **„Aktivist der sozialistischen Arbeit"**

- **Elfriede Joachim**
  Leiterin des Büros für Neuererwesen im VEB WAB Gera
- **Barbara Humprecht**
  Mitarbeiterin im Büro für Neuererwesen des VEB KWP
- **Gerhard Soumar**
  Wissenschaftlicher Mitarbeiter im Zentralen Büro für Neuererwesen des Ministeriums für Umweltschutz und Wasserwirtschaft
- **Rudolf Richter**
  Leiter des Bereiches Umweltschutz und Wasserwirtschaft der ZMMM

Schöpferisch und voller Initiative – Jugendliche auf der Zentralen Messe der Meister von morgen

Dr. Bernhard LIDZBA
Beitrag aus dem Büro für die Neuererbewegung, das Schutzrechts- und Lizenzwesen des MfUW

Im 70. Jahr des Roten Oktober haben die Teilnehmer der Bewegung MMM im VEB Kombinat Wassertechnik und Projektierung Wasserwirtschaft den Betrieben und Einrichtungen der Wasserwirtschaft öffentlich Rechenschaft über die Erfüllung des „FDJ-Auftrages XI. Parteitag der SED" abgelegt.
Die 30. ZMMM war Ausdruck des Engagements und der schöpferischen Arbeit der Beteiligten. Die Breite und Effektivität dieser seit nunmehr drei Jahrzehnten geführten Bewegung der Messen der Meister von morgen wird in folgendem sichtbar:

- 6894 Neuerer, Rationalisatoren und Wissenschaftler, davon 5006 Jugendliche, waren an der Ausarbeitung von Exponaten beteiligt. Das sind 78,8 % aller Jugendlichen. Der Zuwachs zum Vorjahr betrug 2,9 %.
- Von den 996 an MMM-Kollektive übergebenen Aufgaben aus den Plänen Wissenschaft und Technik wurden 872 auf den Betriebs- bzw. Territorialmessen ausgestellt. Der gesellschaftliche Nutzen dieser in den Ursprungsbetrieben genutzten Neuerungen beträgt 17,2 Mill. Mark, der aus der Nachnutzung 1,4 Mill. Mark.
- 71 Jugendforscherkollektive der FDJ arbeiten an der Lösung von Staatsplan- oder anderen Aufgaben aus dem Plan Wissenschaft und Technik.
- 297 Jugendbrigaden waren mit Exponaten auf der MMM vertreten.
- Mit 571 Teilnehmern der Bewegung MMM (11,4 %) wurden Förderungsverträge abgeschlossen.

Ausdruck des wissenschaftlich-technischen Niveaus der Exponate war, daß mit ihnen 13 Erfindungen in die Praxis übergeleitet wurden.

Neuererarbeit der jungen Wasserwirtschaftler
Im Bereich Wasserwirtschaft waren 62 Exponate ausgestellt. Sie stellten die wissenschaftlichen Leistungen von 25 Jugendforscherkollektiven der FDJ, 15 Jugendbrigaden, 18 Jugendneuererkollektiven und 14 sozialistischen Arbeitsgemeinschaften dar, in denen insgesamt 494 Teilnehmer, 339 davon Jugendliche mitgearbeitet hatten. Der gesellschaftliche Nutzen dieser Exponate betrug u. a.:

- Selbstkostensenkung bzw. Erhöhung des Betriebsergebnisses: 5,2 Mill. Mark
- Arbeitszeiteinsparung 79389 h/a
- Einsparung von Arbeitsplätzen 5 AK
- Einsparung von Elektroenergie 1310,6 kWh
- Einsparung der VK/DK 45000 l/a
- Steigerung der Kapazität in der Trinkwasserversorgung um 325000 m^3/a

Der Plan der Einführung für die Benutzung der Exponate der 30. ZMMM enthält die Festlegung, daß

- 6 Exponate zentral produziert werden,
- 18 Softwareprogramme einzuführen und weiterzuentwickeln sind,
- 30 Exponate als betriebliche Rationalisierungsmittel zu benutzen sind,
- 7 Exponate weiterentwickelt bzw. erprobt werden.

Spitzenleistungen
„Optimierung der Vorreinigung im Wasserwerk Dresden-Hosterwitz mit weitgehender Trinkwasseraufbereitung"
Jugendforscherkollektiv des VEB KWP unter Leitung von Dr. Claudia Menschel
Mit einer neuen Technologie und neu entwickelten Vorrichtung ist es erstmals möglich,

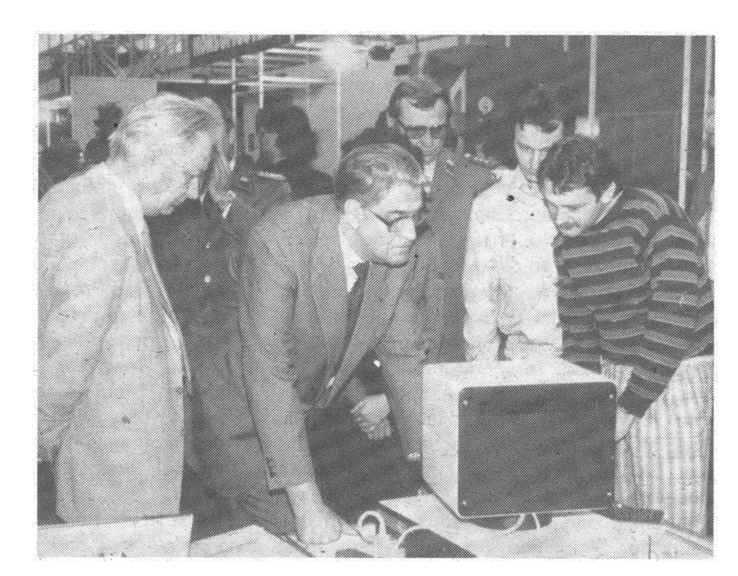


Bild 1
Der Minister für Umweltschutz und Wasserwirtschaft, Dr. Hans Reichelt, bei seinem Rundgang auf der Zentralen Messe der Meister von morgen 1987 in Leipzig.

Rohwasserfilter kontinuierlich zu betreiben. Folgendes Ergebnis wird bei der Überleitung in die Praxis erreicht:

- Erhöhung der Infiltrationsgeschwindigkeit von 1,2 m/d auf 10,6 m/d
- Erhöhung der Infiltrationsmenge pro Tag von 1872 m² auf 16530 m³
- Selbstkostensenkung um 2,1 Mill. M/a.

„Rechnergestützte Planung und Leitung der Rohrbruchinstandhaltung und Rohrschadensbeseitigung mit Personalcomputer"

Jugenforscherkollektiv des VEB WAB Karl-Marx-Stadt unter Leitung von Michael Wagner
Ein Softwareprogramm liefert die statistischen und technischen Grundlagen für die

- Sicherung der Tagfertigkeit bei der Rohrschadensbeseitigung
- Senkung des Arbeitszeitaufwandes je Rohrbruch um durchschnittlich 6 Stunden
- Senkung der Wasserverluste um 1 %.

„Sanierung von Rohrleitungen und Kanälen"

Jugendforscherkollektiv des VEB WAB Suhl unter Leitung von Muthard Weise
Fünf Patente wurden im In- und Ausland angemeldet. Mit dem neuen Verfahren können Rohrleitungen und Kanalnetze ab DN 300 in allen Materialarten und Profilen sowie Tiefenlagen ohne Aufgrabung saniert werden. Nach der Reinigung der Kanalstrecken mittels einer Spülkammer wird eine flexible Schalung über den Einstiegsschacht in den zu sanierenden Rohrabschnitt eingeführt und über Bohrungen das Betongemisch eingebracht. Der Nutzen liegt in der Senkung der Investitionskosten. Die Sanierung kann ohne wesentliche Einschränkungen des Straßenverkehrs erfolgen.

Foren auf der ZMMM

Höhepunkt der 30. ZMMM waren die Foren der Leiter von Jugendforscherkollektiven der FDJ und Ausstellern mit dem Stellvertreter des Vorsitzenden des Ministerrates und Minister für Umweltschutz und Wasserwirtschaft, Gen. Dr. Hans Reichelt, den Stellvertretern des Ministers, Gen. Thürnagel und Gen. Herrmann, anläßlich der Jugendneuererkonferenz des Ministeriums für Umweltschutz und Wasserwirtschaft und des Zentralrates der FDJ am 10. November 1987.

Aus den hohen Ansprüchen der Beschlüsse des XI. Parteitages der SED für die Durchsetzung der ökonomischen Strategie ergeben sich folgende Anforderungen für die Weiterentwicklung der Bewegung MMM in der Wasserwirtschaft:

- Grundlage für die Entfaltung der schöpferischen Initiativen ist und bleibt eine intensive politisch-ideologische Arbeit mit unseren Jugendlichen.
- Meßlatte für die Aufgabenstellungen an die Jugendlichen ist der Weltstand.
- Es muß gesichert sein, daß mindestens 87 % aller Jugendlichen der Betriebe und Einrichtungen ganzjährig an der Bewegung MMM beteiligt sind,
- die Anzahl der Jugendforscherkollektive der FDJ weiter erhöht wird,
- mindestens 20 % aller Erfindungen im Rahmen des Erfinderwettbewerbs der Jugend angemeldet werden,
- der Nutzen je Teilnehmer an der Bewegung MMM 2500,– Mark erreicht.
- Die Aufgaben, die der Minister an Jugendkollektive übergeben hat, sind termin- und qualitätsgerecht auf der 31. ZMMM auszustellen.
- Wissenschaftlich-technische Spitzenleistungen sind zu fördern, besonders durch
  - weitere fachliche Qualifizierung der Teilnehmer der MMM
  - die Schaffung einer schöpferischen Arbeitsatmosphäre in allen Kollektiven
  - Größere Sorgfalt bei Patent- und Literaturrecherchen
  - Patenschaften zu KDT-Mitgliedern und anderen Fachkadern,
  - breite Teilnahme an den Erfinderschulen der KDT,

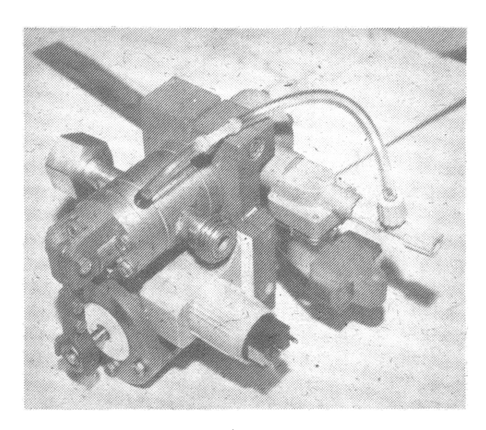


Bild 2 Automatisches Schließ- und Regelventil für Chlorgas, gebaut von einem Jugendneuererkollektiv des VEB WAB Karl-Marx-Stadt
Das Ventil ist ein wichtiger Bestandteil automatisch arbeitender Chlorgasanlagen.

  - eine breite Nutzung und Nachnutzung aller Exponate um den gesellschaftlichen Nutzen zu vergrößern.

Andrang am Konsultationsstützpunkt

Im Konsultationsstützpunkt Umweltschutz wurden 27 Exponate aus allen Bereichen der Volkswirtschaft aber auch dem Ministerium für Hoch- und Fachschulwesen ausgestellt. Hier eine Auswahl der ausgewiesenen Effekte:

- Selbstkostensenkung 5,1 Mill. M
- Valutaeinsparung 3,0 Mill. M
- Arbeitszeiteinsparung 28 000 h/a
- Einsparung von Elektroenergie 560 MWh/a
- Einsparung von Schwefel 100 t/a

Mit der Einführung dieser Exponate wird zugleich der Bedarf von Brennstoffen in industriellen Anlagen gesenkt, Wärme rückgewon-

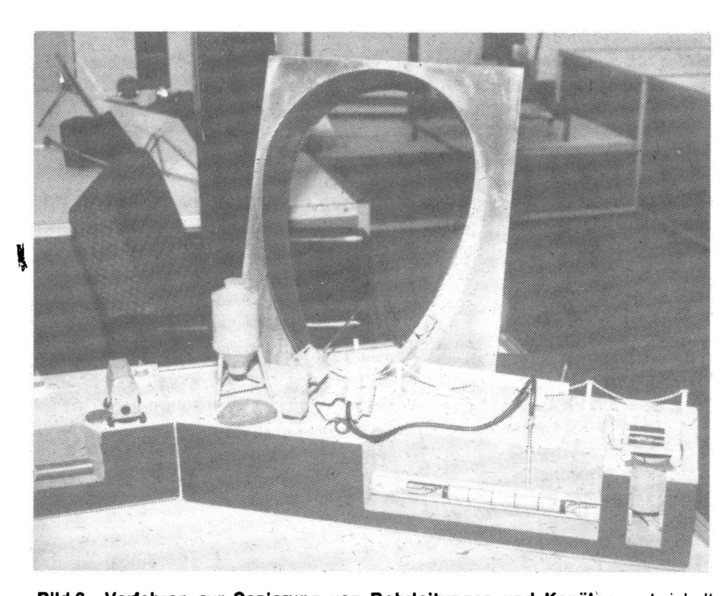


Bild 3 Verfahren zur Sanierung von Rohrleitungen und Kanälen, entwickelt von einem Jugendforscherkollektiv der FDJ im VEB WAB Suhl
Mit diesem neuen Gerätesystem lassen sich verschlissene Kanalnetze unterschiedlicher Materialarten, Nennweiten und Profilarten sanieren.

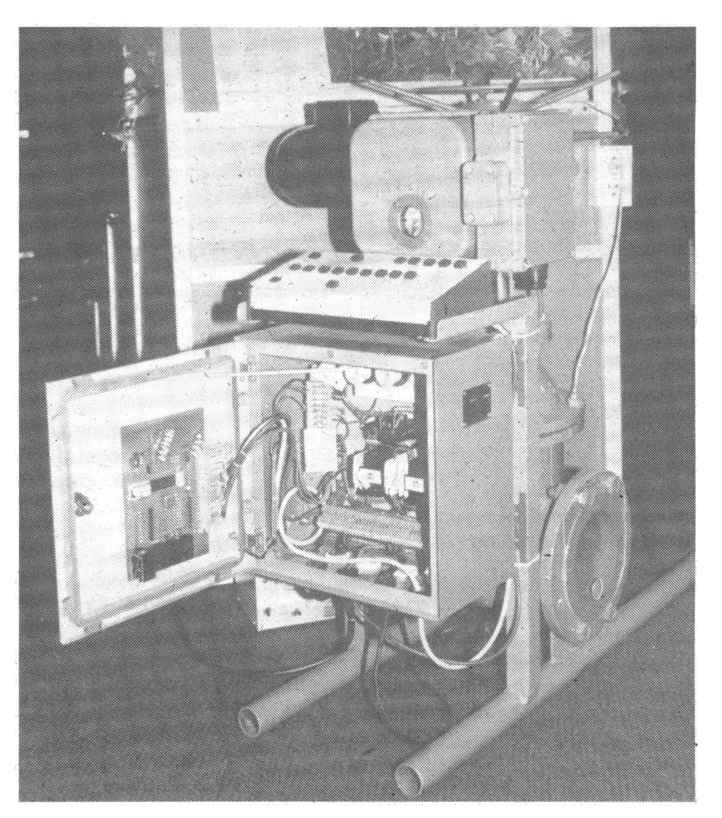


Bild 4 Schiebersteuerung mit Ein-Chip-Mikrorechner, entwickelt von einer Jugendbrigade des VEB Fernwasserversorgung Elbaue – Ostharz
Die Steuerung ist einsetzbar für elektronisch betriebene Verschluß- und Regelorgane, vorzugsweise Schiebersteuerungen.

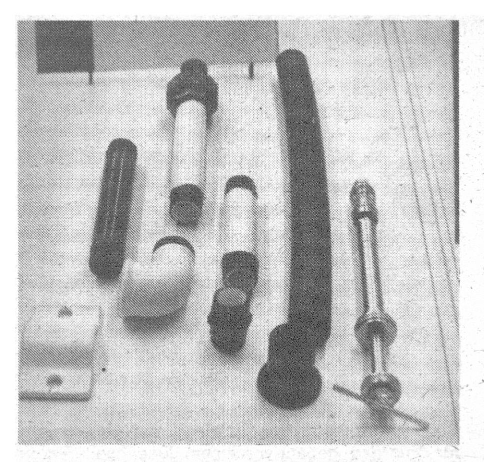


Bild 5 Komplexes System „Neue Verschraubungen für PE-Anschlußleitungen“, erarbeitet von einem Jugendneuererkollektiv des VEB WAB Karl-Marx-Stadt
Das komplette System korrosionsgeschützter Stahlrohrnippel und Verschraubungen sichert eine effektive Montage von Rohrleitungen.

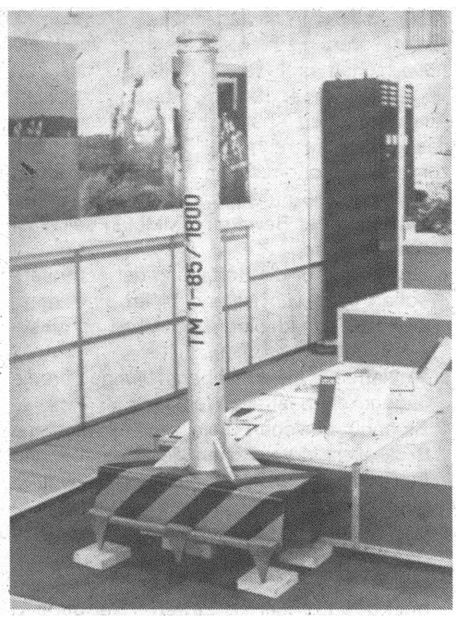


Bild 7 Treibeismanipulator, entwickelt von einem Jugendneuererkollektiv der WWD Obere Elbe–Neiße
Mit Hilfe dieses Gerätes lassen sich Gefährdungen, wie sie durch Treibeis oder andere Abflußhindernisse entstehen, beseitigen.

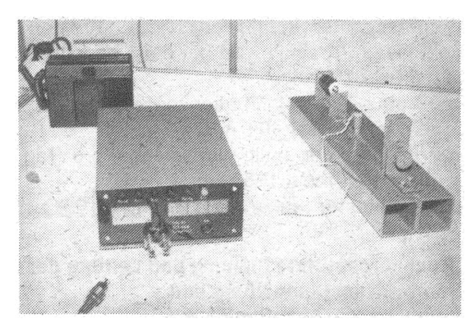


Bild 8 Schwingsaiten – Handmeßgerät „SMG 87“, gebaut von einer Jugendbrigade des VEB WAB Schwerin
Das Gerät dient zur elektrischen Messung verschiedener Größen wie Dehnung, Weg, Kraft, Spannung u. a.

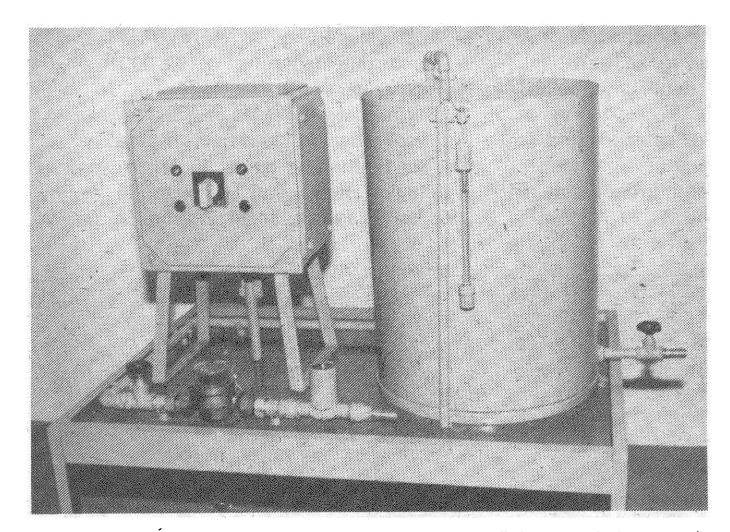


Bild 6 Vorrichtung zur Farbgebung von Hauswasserzählern, erarbeitet von einer Jugendbrigade des VEB WAB Halle
Die Vorrichtung gewährleistet die Erhöhung der Reparaturleistungen von Hauswasserzählern.



Bild 9 Hydraulischer Schwimmbagger, entwickelt von einer sozialistischen Arbeitsgemeinschaft des VEB WAB Berlin
Der Bagger ist einsetzbar für die komplexe Grundräumung in Wasserläufen mit Wasserspiegelbreiten zwischen 2,2 und 3,5 m.

nen und die Umweltbelastung reduziert. Beispiele für effektive Lösungen sind folgende Exponate:

„Wärmerückgewinnung und Schadstoffreduzierung (Zittauer Verfahren)“

Jugendforscherkollektiv der Ingenieurschule Zittau und dem VEB Energiekombinat Halle unter Leitung von Steffen Eckhardt.
Vorgestellt wird ein Verfahren zur Rauchgasentschwefelung bei gleichzeitiger Wärmerückgewinnung für Dampferzeuger im Leistungsbereich von 6,5 t/h Dampf. Die Bindung der Schadstoffe erfolgt mittels einer Suspension aus der Asche des Verbrennungsprozesses zusätzliche Adsorptionsmittel werden nicht benötigt. 20 % der Wärme wird rückgewonnen, der Entstaubungsgrad beträgt 99 %.

„Variantenrechnung zur Rückgewinnung von Sekundärrohstoffen aus Doppelrohrleuchtstofflampen“

Jugendforscherkollektiv der Humboldt-Universität zu Berlin unter Leitung von Steffen Engelmann.
Mit dem Exponat wird eine ökonomische Berechnung von Varianten zur Erfassung und Aufbereitung rückgeführter Leuchtstofflampen als Grundlage für die Wiederverwendung hochwertiger Rohstoffe sichtbar gemacht. Nachweislich läßt sich Quecksilber im Wert von 3,0 Mill. VM einsparen.

Die positive Bilanz der 30. ZMMM macht deutlich, welche schöpferischen Potenzen im VEB Kombinat, den Betrieben und Einrichtungen für die Weiterentwicklung des wissenschaftlich-technischen Fortschritts vorhanden sind, wenn die Jugendlichen in der Bewegung MMM anspruchsvolle Aufgaben aus den Plänen Wissenschaft und Technik übertragen bekommen. Sie zu nutzen und weiterzuentwikkeln ist ein hoher Anspruch an die politische Führung dieses Prozesses, so daß die Jugendlichen befähigt werden, in wissenschaftliches Neuland vorzudringen, Neues zu erforschen und in kürzester Zeit ökonomisch wirksam zu machen.

Aspekte zur Freibordbemessung an Talspeichern

Dipl.-Ing. Reinhard POHL
Beitrag aus der Technischen Universität Dresden, Bereich Wasserbau und Technische Hydromechanik

Bei Talspeichern, die besonders der Wasserversorgung dienen, ist es aus der Sicht des Betreibers anzustreben, den Speicherraum möglichst intensiv zu nutzen, d. h., möglichst hoch einzustauen. Die Folge wäre eine Verminderung des Freibordes, welcher den senkrechten Abstand zwischen dem höchsten Wasserstand und der Krone des Absperrbauwerkes darstellt. Die Freibordhöhe kann aber aus Gründen der Standsicherheit und der Sicherheit gegen Überströmen nicht beliebig vermindert werden. Vor allem bei Dämmen kann überströmendes Wasser ähnlich wie bei Seedeichen zu Erosionserscheinungen auf der luftseitigen Böschung führen, welche bei wiederholtem Auftreten zu einer rückschreitenden Zerstörung des Dammes führen können. Aus diesem Wechselverhältnis von Wirtschaftlichkeit und Sicherheit ergibt sich die Notwendigkeit einer äußerst sorgfältigen Freibordbemessung, zu der nachfolgend verschiedene Gedanken geäußert werden sollen.

1. Gegenwärtige Bemessungspraxis und Alternative

Entsprechend den Forderungen des Standards TGL 21 239/09 werden für zwei Betriebsfälle die Bemessungswasserstände aus einer Retentionsberechnung ermittelt. Zum größeren der beiden Bemessungswasserstände wird zur Ermittlung der Kronenhöhe die rechnerisch erforderliche Freibordhöhe h_f^* addiert.

$$h_f^* = H_A + \Delta h_s + h_{wi} + \Delta s \quad (1)$$

Im Betriebsfall 1 muß ein Freibord von mindestens 1,50 m vorhanden sein. Anstelle des Summanden Δs erscheint es geeignet, einen Sicherheitsfaktor in Abhängigkeit von der Art und dem Gefährdungspotential des Absperrbauwerkes einzuführen. Dabei werden Faktoren von 1,2 bei Staumauern, von 1,3 bei Steinschüttdämmen und von 1,4 bei Erddämmen für möglich gehalten, wenn für die Auflaufüberschreitung 2% angesetzt werden (vgl. Abschn. 4).

Es wird deutlich, daß bei der bisherigen Bemessungspraxis vom gleichzeitigen Auftreten von Hochwasser und auflauferzeugenden Windwellen ausgegangen wird. In Wirklichkeit sind Hochwasser *HQ* und Wind w_{10} jedoch zufällige Ereignisse, deren gemeinsames Auftreten durch eine zweidimensionale Verteilung veranschaulicht werden kann, aus der die gemeinsame Verteilung *f* von Bemessungswasserstand *h* und infolge Wellenwirkung erforderlicher Freibordhöhe h_f^* abgeleitet wird. Auf Grund meteorologischer Abläufe ist ein Zusammenhang zwischen den Größen *Hochwasser* und *Wind* (bzw. *h* und h_f^*) zu erwarten, d. h., im stochastischen Sinne liegt keine Unabhängigkeit vor. Bild 1 veranschaulicht diese gemeinsame Verteilung und gibt die entsprechenden Transformationen *g* (...) an, um aus den Größen Hochwasserabfluß und Windgeschwindigkeit die auf den Koordinaten abgetragenen Größen *h* und h_f^* zu erhalten:

$$H_A = g_1 (H, T) \quad (2)$$
$$\Delta h_s = g_2 (H, T); \; h_{wi} = g_3 (w_{10}) \quad (3)$$
$$H = g_4 (w_{10}); \; T = g_5 (w_{10}) \quad (4)$$
$$h = g_6 (HQ) \quad (5)$$

Als Ausgangspunkt für die Bemessung wird ein Bezugswasserspiegel benutzt, der die Beckenfüllung zu Beginn des Hochwasserereignisses charakterisiert. Entsprechend der Bewirtschaftung des Talspeichers ist dieser Ausgangswasserspiegel strenggenommen ebenfalls eine Zufallsgröße. Zur Vereinfachung soll er hier jedoch als fest angenommen werden. Mit Hilfe der Retentionsfunktion (5) kann aus der Verteilung der Hochwässer die Verteilung der extremen Beckenwasserstände (Abszisse in Bild 1) ermittelt werden. In /1/ wird für diese Funktion eine probabilistische Konzeption angegeben.

Aus einer Seegangsvorhersage oder -messung (4) und anschließender Auswertung der Gleichungen (2) und (3) erhält man aus der Verteilung der Windereignisse die Verteilung der erforderlichen Freibordhöhen. Die Festlegung der Kronenhöhe erfolgt nun durch Parallelverschiebung der Geraden 1–2 in der Weise, daß das durch die Dichtefunktion f_{h,h_f} über dem kritischen Bereich umschlossene Volumen und damit die Versagenswahrscheinlichkeit einen im Sinne einer Vorschrift noch festzulegenden Grenzwert (z. B. 10^{-4}) nicht überschreitet. Wenn die in Bild 1 dargestellte gemeinsame Verteilung f_{h,h_f} aus Meßdaten gewonnen wurde, ist die voranstehende Vorgehensweise unter Verwendung der Rechentechnik objektbezogen anwendbar. Dabei ist es notwendig, über einen längeren Zeitraum Windgeschwindigkeiten und Zuflußmengen gleichzeitig zu messen oder entsprechende Wertepaare aus zurückliegenden Aufzeichnungen zu rekonstruieren.

2. Seegangsvorhersage

Die Bestimmung der Wellenkennwerte aus gegebenen Windgeschwindigkeiten w_{10} (10 m über der Wasseroberfläche) und -richtungen Gl. (4) ist eine Voraussetzung für die Ermittlung der rechnerisch erforderlichen Freibordhöhe. Ein Blick auf verschiedene Vorhersagemethoden, die vielfach für maritime Verhältnisse entwickelt wurden, zeigt, daß bei gleichen Ausgangswerten unterschiedliche Ergebnisse für die kennzeichnenden Wellenhöhen vorliegen (Bild 2). Die im Kommentar zum Standard TGL 28 724 empfohlene Methode von *Krylow* (I)/2/ liefert dabei im für Stauseen in Frage kommenden Streichlängenbereich Wellenhöhen, die über dem Anderthalbfachen des Mittels der übrigen Vorhersagemethoden liegen. Auf Grund des Vergleiches und diesbezüglicher Erfahrungen liegt der Schluß nahe, daß die so berechneten Wellenkennwerte zu Überdimensionierungen führen. Zutreffendere Ergebnisse scheinen sich beispielsweise bei Anwendung in /3/ des für Binnenseen entwickelten Verfahrens zu ergeben, welches in den ČSSR-Standard ČSN 736 500 Eingang gefunden hat.

3. Wellenauflauf

Die Wellenauflaufhöhe H_A beansprucht im allgemeinen den größten Anteil der rechnerisch erforderlichen Freibordhöhe. Während die Auflaufhöhe an senkrechten Wänden (schwingender Wellencharakter) aus theoretischen Überlegungen abgeleitet werden kann, gestattet die Energiedissipation beim Brechen von Wellen auf geneigten Flächen nur die Anwendung von empirischen und halbempirischen Gleichungen. Zu ihnen gehört die Gleichung von *Hunt* für Wellen, die auf glatten, undurchlässigen Böschungen brechen:

$$H_A = \sqrt{H \cdot L_0} \tan \alpha = H \cdot \xi \quad (6)$$

Der Gültigkeitsbereich von Gl. (6), deren Richtigkeit u. a. durch *Tautenhain* /4/ bestätigt wurde, ist in Bild 3 an einem Zahlenbeispiel gemeinsam mit den Bereichen für das Auftreten der verschiedenen Brecherarten dargestellt.

Im natürlichen Seegang sind die Wellen jedoch nicht periodisch sondern unterliegen bezogen auf ihre Höhen und Perioden einer Wahrscheinlichkeitsverteilung. Durch zahlreiche Untersuchungen wurde die besonders gute Eignung der *Weibull*-Verteilung in der Form

$$F = \exp(-a [H/\bar{H}]^b) \quad (7)$$

für die Darstellung der Überschreitungswahrscheinlichkeit der Wellenhöhen festgestellt. Für Tiefwasserverhältnisse wurden der Maßstabsparameter zu $a = \pi/4$ und der Gestaltungsparameter zu $b = 2$ bestimmt, womit die *Rayleigh*-Verteilung als Spezialfall von Gl. (7) erhalten wird.

Die Verteilung der Auflaufhöhen H_A wurde von *Battjew* /5/ aus einer bivariaten *Rayleigh*-Verteilung von Wellenhöhe und -länge abgeleitet und mit Hilfe eines die Überschreitungswahrscheinlichkeit berücksichtigenden Faktors in der Form

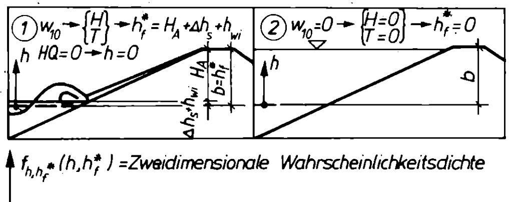
$$H_A = k_x \sqrt{\bar{H} \cdot \bar{L}_0} \tan \alpha \quad (6a)$$

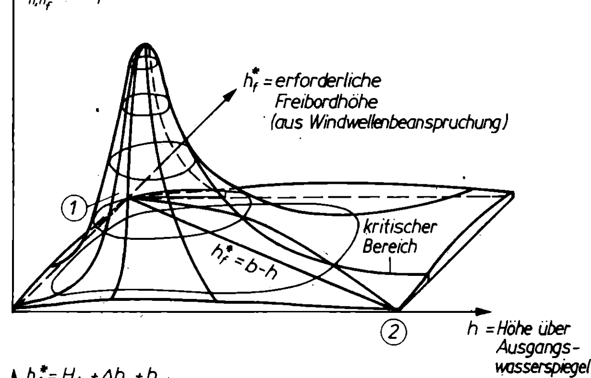
angegeben (Querstrich bedeutet Mittelwert). In Abhängigkeit von der Korrelation ϱ zwischen *H* und T^2 kann k_x aus einem von *Battjew* /5/ angegebenen Diagramm (Bild 4) entnommen werden. Wenn die Korrelation wie im Falle der Seegangsvorhersage nicht bekannt ist, erhält man mit $\varrho = 1$ Ergebnisse, die auf der sicheren Seite liegen.

Die meisten Vorhersageverfahren liefern die kennzeichnende Wellenhöhe H_s und die Peakperiode T_p. Mit $H_s \simeq 1{,}6\,\bar{H}$ und $T_p \simeq 1{,}1\,\bar{T}$ sowie $L_0 = g \cdot T^2/2\pi$ ergibt sich für Tiefwasserbedingungen die Auflaufhöhe $H_{Ax\%}$ mit der Überschreitungswahrscheinlichkeit *x* (%) für glatte, undurchlässige Böschungen:

$$H_{Ax\%} = k_x \cdot 0{,}287 \cdot T_p \cdot \sqrt{H_s \cdot g}\,\tan\alpha \qquad (6b)$$
$$= k'_x \cdot T_p \cdot \sqrt{H_s \cdot g}\,\tan\alpha$$

Für rauhe und durchlässige Böschungsverkleidungen kann die Auflaufhöhe durch einen Faktor abgemindert werden.





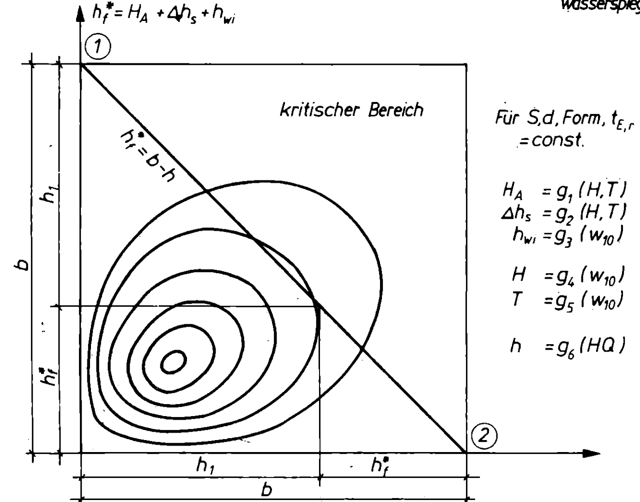


Bild 1 Gemeinsame Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion des Beckenwasserstandes und der infolge Wellenbewegung erforderlichen Freibordhöhe

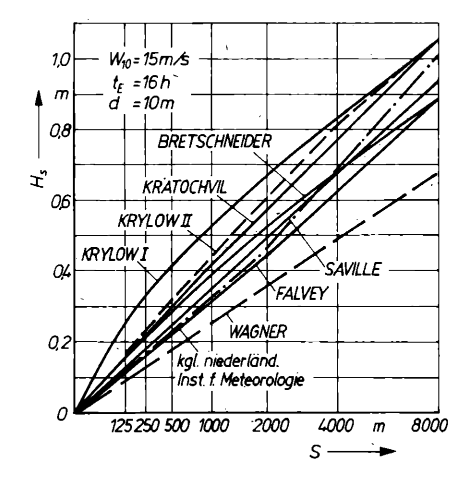


Bild 2 Vergleich der Wellenhöhen nach verschiedenen Berechnungsverfahren

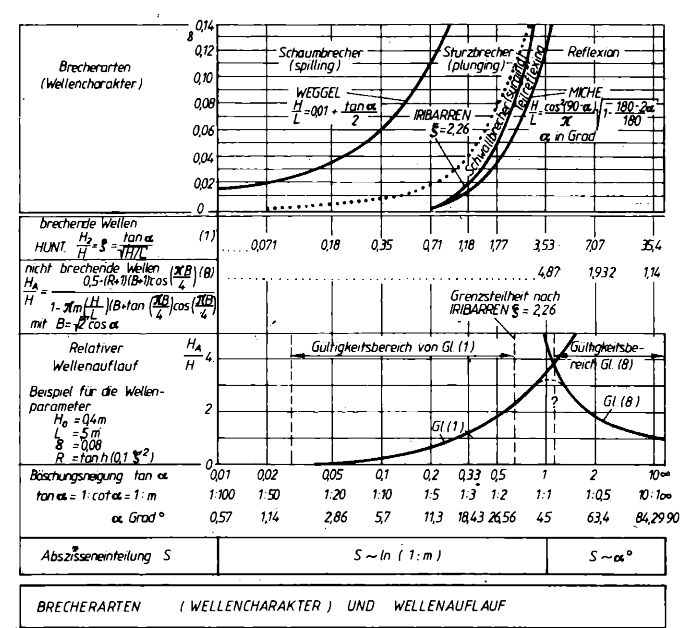
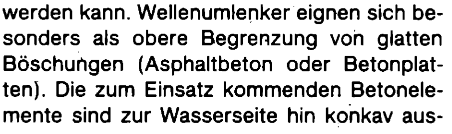


Bild 3 Wellenauflauf und Brecherarten

Gleichung (6b) stellt nunmehr die Funktion g_1 Gl. (2) dar, welche zur Freibordbemessung benötigt wird. Sie liefert aber für eine Windgeschwindigkeit im Sinne einer Querverteilung ein ganzes Spektrum von Wellenauflaufhöhen. Es muß nun festgestellt werden, welche Wellenhöhe, d. h. die Wellenhöhe mit welcher Überschreitungswahrscheinlichkeit für die Ermittlung der rechnerisch erforderlichen Freibordhöhe in Gl. (1) herangezogen wird und somit zur Definition des kritischen Bereiches in Bild 1 beiträgt. In der Bemessungspraxis wird verschiedentlich davon ausgegangen, daß keine Gefährdung eintritt, wenn jede 100. Welle einen Überlauf erzeugt, also $x = 1\,\%$ beträgt.

4. Auflaufvermindernde Konstruktionen

Zur Verminderung des Wellenauflaufes und damit zur Reduzierung der Freibordhöhe eignen sich Rauhdeckwerke und Wellenumlenker. Erstere bereiten unter dem Aspekt der Pflege und Wartung der wasserseitigen Böschung mitunter Probleme, da sie sich vor allem im Wasserwechselbereich durch Schwemmgut versetzen und dadurch auch die Rauhigkeitswirkung teilweise vermindert


werden kann. Wellenumlenker eignen sich besonders als obere Begrenzung von glatten Böschungen (Asphaltbeton oder Betonplatten). Die zum Einsatz kommenden Betonelemente sind zur Wasserseite hin konkav ausgerundet und können nach verschiedenen Geometrien gestaltet sein (Kreis, Ellipse, log. Spirale). Unter Berücksichtigung ihrer Funktionsweise, nämlich des Umlenkens des auflaufenden Schwalls, erscheint die Bezeichnung Wellen(auflaufschwall)umlenker zutreffend und sollte den aus dem Seebau entlehnten Begriff Wellenbrecher ersetzen.

Obgleich in Standard TGL 21 239/09 die rechnerische Berücksichtigung von Wellenumlenkern (dort noch Wellenbrecher) bei der Freibordbemessung gefordert wird, stehen derzeit noch keine Bemessungsrichtlinien aus hydraulischer Sicht zur Verfügung. Es ist deshalb erforderlich, die Wirkungsweise von Wellenumlenkern unter besonderer Berücksichtigung von Grenzzuständen im hydraulischen Modell zu untersuchen. Entsprechend der auflaufvermindernden Wirkung würde sich dann eine neue Funktion g_1 angeben lassen, die zu kleineren erforderlichen Freibordhöhen bei gleichbleibend geringem Risiko der Überströmung führt. Bezogen auf Bild 1 kann das als Verschiebung des Wahrscheinlichkeitsgebirges auf die Abszisse hin bei gleichzeitiger Aufsteilung interpretiert werden. Bei gleichbleibender Kronenhöhe würde sich somit das Volumen des kritischen Bereiches in Bild 1 vermindern, was einer Erhöhung der Sicherheit gegen Überströmen entspricht. Entsprechend wäre dann bei gleicher Sicherheit eine niedrigere Kronen- und damit Freibordhöhe möglich.

5. Zusammenfassung

Im Sinne einer hohen Sicherheit und Wirtschaftlichkeit bei der Freibordgestaltung ist eine Weiterentwicklung der gegenwärtigen Bemessungspraxis wünschenswert. Das bezieht sich sowohl auf die Ermittlung der Be-

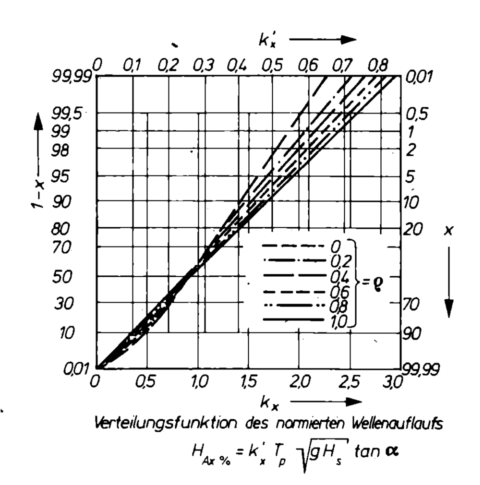


Bild 4 Wahrscheinlichkeitsverteilung des normierten Wellenauflaufes

messungswasserstände und Auflaufhöhen als auch auf die Wellenvorhersage. Im ersten Fall ist eine Präzisierung durch die Berücksichtigung einer zweidimensionalen Verteilung von Hochwasser und Wind auf der Grundlage von Naturmessungen und im zweiten Fall durch eine Überprüfung der bekannten Seegangsvorhersagemethoden im Naturversuch möglich. Die Wellenauflaufhöhe kann für brechende Wellen mit der Gleichung von *Hunt* bestimmt werden, für welche von *Battjes* /5/ die Auflaufhöhenverteilung auf der Grundlage der Verteilung der Wellenkennwerte abgeleitet wurde. Besonders an glatten Böschungen eignen sich Wellenumlenker zur Verminderung der Freibordhöhe.

Symbole und Formelzeichen

a Maßstabsparameter
b Gestaltsparameter
f Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion
g Erdbeschleunigung in m/s^2
g Transformationsfunktion g(...)
h Höhe über dem Bezugswasserspiegel in m
h_f^* rechnerisch erforderliche Freibordhöhe in m
h_{wi} Windstauhöhe (nach Kommentar zu TGL 28 724) in m
H Wellenhöhe in m
H_A Wellenauflaufhöhe in m
H_s kennzeichnende Wellenhöhe in m
$k_x\ k_{x'}$ Faktor zur Berücksichtigung der Überschreitungswahrscheinlichkeit
L Wellenlänge in m
T Wellenperiode in s
T_p Peakperiode in s
x Überschreitungswahrscheinlichkeit in %
α Böschungsneigung in °
Δh_s Schwingungsstauhöhe (nach Kommentar zu TGL 28 724) in m
Δs Sicherheitsfreibordhöhe in m
$\xi = \tan\alpha / \sqrt{H/L_0}$ Brandungsparameter

Literatur

/1/ *Sinniger, R., u. a.:* Risikoberechnung von Hochwasserentlastungsanlagen
Wasser-Energie-Luft 77 (1985) H. 5/6

/2/ *Krylow, J. M., u. a.:* Windwellen und ihre Wirkungen auf Bauwerke (russ.)
Leningrad: Hydrometeorolog. Verlag 1976

/3/ *Saville, T., u. a.:* Freibordbemessung für die Wellenbewegung an Binnenseen (engl.) Journal of Waterways, Harbors and Coastal Engineering Division, Procedings of the American Society of Civil Engineers, WW 2 Mai 1962

/4/ *Tautenhain, E., u. a.:* Der Wellenüberlauf an Seedeichen unter Berücksichtigung des Wellenauflaufs. Mitt. d. Franzius-Institutes der Univ. Hannover Heft 53/1981

/5/ *Battjes, J. A.:* Auflaufverteilung von Wellen, die auf Böschungen brechen (engl.) Journal of Waterways, Harbors and Coastal Engineering Division, Procedings of the American Society of Civil Engineers, WW 1 Feb. 1971

weitere Literatur

- *Krylow, J. M.:* Die Spektralmethode zur Berechnung des Wellenregimes und ihre Anwendung im Wasserbau (russ.) Moskau: Transportverlag 1969
- *Pohl, R.:* Bauwerksnahe Wellenbewegung. Arbeitsstudie TU Dresden 1985, unveröffentlicht, mit weiteren Literaturangaben
- Shore Protection Manual (Handbuch für Küstenschutz) Forschungszentrum für Küsteningenieurwesen der US Armee, Fort Belvoir 1977

Methodik zur Vorausberechnung der ökonomischen Auswirkungen von Hochwasserereignissen

Prof. Dr.-Ing., Dr. oec. Karl-Heinz SCHWEIGER, KDT
Dr. rer. nat. oec. habil. Ulrich SCHAAKE, KDT
Beitrag aus dem Institut für Wasserwirtschaft in der Wasserwirtschaftsdirektion Berlin und der Sektion Wasserwesen der Technischen Universität Dresden

Das reale Wasserdargebot besitzt hinsichtlich Menge und Beschaffenheit objektiv stochastischen Charakter, d. h., es treten mit bestimmter Wahrscheinlichkeit Über- und Unterschreitungen nutzbezogener kritischer Wasserstände bzw. Durchflüsse und/oder Wasserbeschaffenheiten auf (Bild 1). Eine Unter- bzw. Überschreitung der Mindest- oder Höchstwerte führt bei der Nutzung der Gewässer (zum Zeitpunkt der Extremereignisse) zu unmittelbaren oder mittelbaren sozialen und ökonomischen Nachteilswirkungen (z. B. Schäden und/oder Mehraufwand) in mehr oder weniger erheblichen volkswirtschaftlicher Größenordnungen (Bild 2) /1, 2, 3, 4, 5, 7/.

Daraus leitet sich die unbedingte Notwendigkeit der Erarbeitung ökonomischer Aussagen über die Wirkungen von wassergebundenen Extremsituationen mit verschiedenen Wiederkehrsintervallen und der ökonomischen Begründung der Rang- und Reihenfolge der Realisierung notwendiger Hoch- und Niedrigwasserschutz- sowie Sanierungsmaßnahmen ab. Hinsichtlich der ökonomischen Beurteilung von Auswirkungen unzureichender Wasser- und Gewässerbeschaffenheit sowie der Sanierungsmaßnahmen wird auf /7, 8, 9/ verwiesen.

Der mögliche Hochwasserschaden ist qualitativen Veränderungen unterworfen und zeitabhängig (Trendkomponente, zyklische Komponente, zufällige Komponente), d. h., er ist sachlich, räumlich und zeitlich abzugrenzen /6/. Die Trendkomponente kennzeichnet den bisherigen und zu erwartenden, in der Regel langjährig absolut ansteigenden Wert der ökonomischen Nachteile und Mehraufwendungen. Die zyklische Komponente hängt unter anderem vom Konsumtions-, Produktions- und Reproduktionsrhythmus sowie von den natürlichen Standortfaktoren ab. Zyklische Schwankungen treten bei möglichen Hochwasserschäden besonders in der Zeiteinheit Monat (z. B. nutzungsbedingt höhere Schäden in der Landwirtschaft in der Vegetationsperiode) auf. Die zufällige Komponente ergibt sich aus den Eigenschaften der Erscheinungen Hochwasser sowie der Nutzung des Wassers und der Überflutungsflächen selbst.

Bei der Vorhersage der zukünftig mit einer bestimmten Wahrscheinlichkeit zu erwarten-

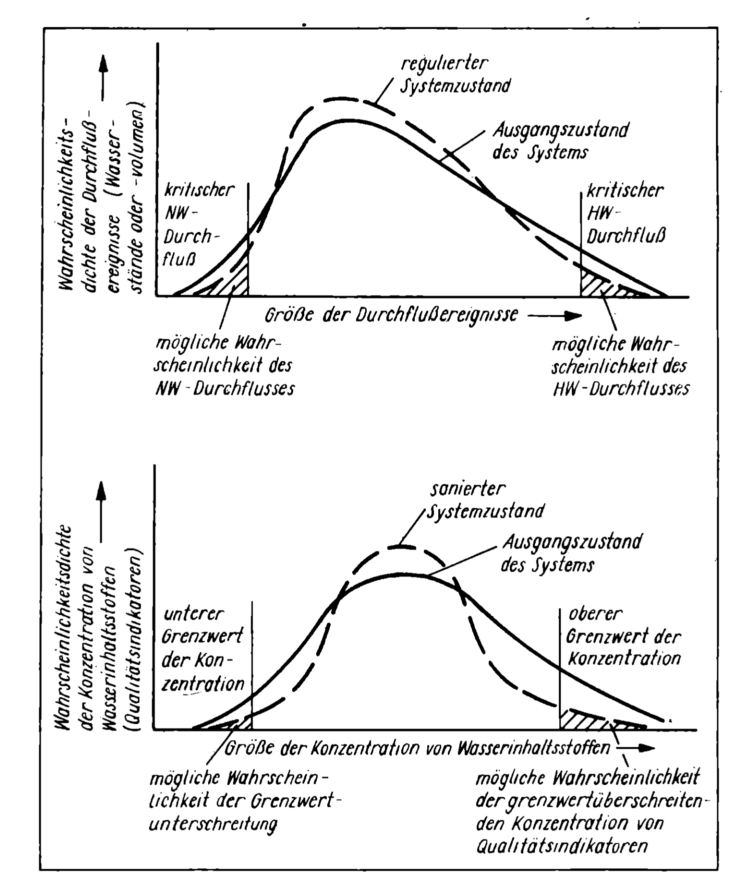


Bild 1
Wahrscheinlichkeitsverteilung der Durchflüsse und Konzentration der Wasserinhaltsstoffe an einer Meßstelle

Tabelle 1: Schädenkoeffizienten zur Berechnung der an Grund- und anderen Produktionsmitteln sowie sonstigen Vermögensarten zu erwartenden ökonomischen Nachteile

Objekt	Schädenkoeffizient in %
Wohngebäude bzw. Industriegebäude	0,3; 0,25
Sozial- und Verwaltungsgebäude	0,2
Sport- und Parkanlagen (ohne Gebäude)	1,5
Lagerhallen, Scheunen, Schuppen	0,5
Folienzelte, Gewächshäuser, Kioske, Umzäunungen	2,0
Sonstige bauliche Anlagen (außer- bzw. innerhalb der Orte)	0,25; 0,2
Lagerflächen, -boxen- und -keller, Wehre	0,3
Produktions- und Lagervorräte	25,0
Ausrüstungen	1,0
Fahrzeuge, Krane, Kleinhebezeuge	2,5
Straßen (außer- bzw. innerhalb der Orte)	0,8; 1,0
Innerbetriebliche Verkehrswege (nicht schienengebunden)	1,25
Gleisanlagen der Deutschen Reichsbahn (Oberbau; Böschungen u. Dämme; Brücken)	0,5; 0,35; 0,2
Brücken aus Holz, Hafenanlagen der Binnenschiffahrt	1,0
Betriebliche Gleisanlagen	0,75
Deiche	0,1
Kaimauern	0,05
Uferbefestigungen bis 3 m Höhe	1,50
Uferbefestigungen über 3 m Höhe (Stahlbeton; Stahl; Holz)	0,3; 0,4; 1,25
Schräguferbefestigungen (leichte Baustoffe, Steinschüttungen, Bausteine, Beton)	1,25; 0,8; 0,15
Sohlbefestigungen	0,5
Sonstige wasserbauliche Anlagen	0,25

den Hochwasserschäden wird – unabhängig vom Zeitvorsprung der Vorhersage – vom Wachstum der dynamischen Zeitreihe der möglichen Schäden als Fortführungsprozeß der bisherigen Entwicklung ausgegangen. Für den Zeitraum von 1 bis 5 Jahren (kurzfristige Vorhersage) kann die mögliche Schädenentwicklung realtiv aussagefähig quantifiziert werden. Der Abschnitt der mittel- und langfristigen Zeitfunktion kann nur als Zuverlässigkeitsstreifen abgegrenzt und schätzungsweise durch einen mittleren jährlichen Steigerungsfaktor von 2% (Basisjahr 1984) charakterisiert werden.

Tabelle 3: Kennziffern zur Ermittlung von Hochwasserschäden bei Feldgemüsearten (Preisbasis 1984)

Feldgemüseart	Produktionsaufwand für die bestellten Flächen M/ha	nicht realisierbare Erlöse M/ha
Blumenkohl (früh)	10 000	32 000
Blumenkohl	5 600	17 250
Buschtomaten	8 000	24 650
Dauerzwiebeln	4 200	13 000
Einlegegurken	5 600	17 100
Gemüsebohnen	2 450	7 500
Gemüseerbsen	2 400	7 300
Kopfsalat (früh)	12 700	39 100
Kopfsalat	5 200	16 100
Kohlrabi (mit Laub, früh)	11 500	35 300
Kohlrabi (ohne Laub)	4 500	13 950
Knollensellerie (ohne Laub)	7 200	22 300
Möhren (ohne Laub)	3 300	10 000
Porree	5 200	16 100
Rhabarber	4 300	13 200
Rosenkohl	3 500	10 800
Rotkohl (früh)	8 300	25 600
Rotkohl	4 100	12 500
Spargel (Erntejahr)	4 600	14 100
Spinat	2 000	6 125
Weißkohl (früh)	7 800	24 000
Weißkohl	4 200	12 900
Wirsingkohl (früh)	8 300	25 450
Wirsingkohl	3 900	12 000
Hochwasserschäden in Kleingärten:	April bis September	2,50 M/m²
	Oktober bis März	1,00 M/m²

Tabelle 2.1: Kennziffern zur Ermittlung von Hochwasserschäden auf landwirtschaftlichen Nutzflächen (Preisbasis 1984)

Arten der Schäden	Anbauarten Grünland Wiese	Weide	Sommergetreide	Wintergetreide	Ölfrüchte	Hülsenfrüchte
	dt/ha / M/ha	dt/ha / M/ha	dt/ha / M/ha	dt/ha / M/ha	dt/ha / M/ha	dt/ha / M/ha
Verlorener Produktionsaufwand:	1)	1)	2)			
– bearbeiteter Boden	—	— / 25	— / 130	— / 120	— / 120	— / 105
– bestellter Boden[3]	— / 310	— / 230	— / 1 000	— / 1 30	— / 1 170	— / 1 350
Nicht realisierbare Erlöse infolge Ertragsausfall bei – Hauptprodukten mit						
• ungünstigen	15 / 675	75 / 340	25 / 2 125	30 / 1 950	20 / 3 000	20 / 4 800
• mittleren	20 / 900	100 / 450	35 / 2 975	40 / 2 600	25 / 3 750	25 / 6 000
• guten	25 / 1125	125 / 565	45 / 3 825	50 / 3 250	30 / 4 500	30 / 7 200
Ertragserwartungen – Koppelprodukten	—	—	— / 160	— / 200	—	— / 150

Bemerkungen:

1) Angaben für einen Schnitt bzw. Umtrieb
2) Angaben für Gerste; bei anderen Kulturen sind die Kosten/Preise für Wintergetreide anzuwenden
3) Zuschläge für Lehmböden: Getreide u. Futter jeweils 60 M/ha
   Hackfrüchte 90 M/ha
   Tonböden: Getreide u. Futter jeweils 160 M/ha
   Hackfrüchte 180 M/ha
   Hanglagen: über 10 Prozent Neigung: für jeweils 10% der Fläche 2 Prozent der Kosten (mit Interpolation)
   Abschläge für sandigen Boden: Getreide u. Futter jeweils 60 M/ha
   Hackfrüchte jeweils 90 M/ha

Tabelle 2.2.: Kennziffern zur Ermittlung von Hochwasserschäden auf landwirtschaftlichen Nutzflächen (Preisbasis 1984)

	Anbauarten Kartoffeln	Zuckerrüben	Futterhackfrüchte	Silomais	Mehrjähr. Feldfutter	Zwischenfrüchte
	dt/ha / M/ha	dt/ha / M/ha	dt/ha / M/ha	dt/ha / M/ha	dt/ha / M/ha	dt/ha / M/ha
Verlorener Produktionsaufwand:						
– bearbeiteter Boden	— / 315	— / 400	— / 400	— / 95	—	— / 95
– bestellter Boden	— / 3 550	— / 1 570	— / 1 440	— / 1 110	— / 500	— / 750
Nicht realisierbare Erlöse infolge Ertragsausfall bei: – Hauptprodukten mit						
• ungünstigen	170 / 5 780	280 / 3 840	400 / 4 800	250 / 1 500	100 / 600	100 / 700
• mittleren	220 / 7 480	330 / 4 500	500 / 6 000	325 / 1 950	150 / 900	150 / 1 050
• guten Böden	270 / 9 180	380 / 5 240	600 / 7 200	400 / 2 400	200 / 1 200	200 / 1 400
Ertragserwartungen – Koppelproduktion	—	— / 1 300	—	—	—	—

Tabelle 4: Kennziffern zur Ermittlung von Hochwasserschäden an Waldbeständen (Preisbasis 1984)

Ertragsklasse III bei der Qualitätsgruppe MQ/M						Steigerungsquote für Ertragsklasse II
Durchschnittsalter der Waldbestände (Jahre)		10	50			
Überstauungsdauer (Tage)	10	10	10	10	Extremfälle	
Holzart	M/ha	M/ha	M/ha	M/ha	M/ha	
Kiefer						
Flachland	20	37	50	100	194	1,5
Hügelland	35	67	60	115	194	1,5
Lärche	36	73	65	127	214	1,6
Fichte	27	54	85	168	354	1,5
Eiche	52	103	57	113	141	1,3
Buche	17	34	47	93	260	1,4
Birke	5	9	18	36	75	1,4

Tabelle 5: Flächenbezogene Kennzahlen zur Grobeinschätzung von Hochwasserschäden

Gebietscharakteristik	Schäden TM/ha	Schädenkoeffizient Prozent
Territorien mit vorherrschenden Wohn- und Gesellschaftsbauten		
– Großstädte (Neubau)	5 000–7 000	0,25
– Großstädte (Altbau)	500–1 000	0,5
– Mittelstädte	75– 150	1,0
– Kleinstädte, Gemeinden	60– 80	1,0
Territorien mit vorherrschender Industrie	2 350–2 550	0,75
Produktionsstandorte (im Mittel)	750	0,5
– Chemische Industrie	1 400	0,5
– Metallurgie	1 100	0,5
– Leichtindustrie	500	0,5
– Maschinen- und Fahrzeugbau	450	0,6
– Textilindustrie, Elektrotechnik, Elektronik, Gerätebau	300	0,5
– Lebensmittelindustrie	250	0,5

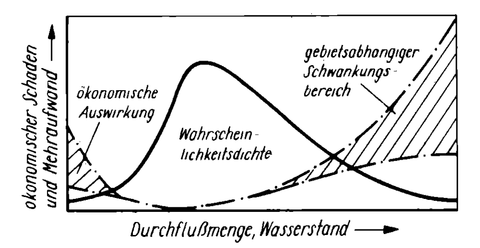


Bild 2 Tendenzielle Darstellung zu den Beziehungen zwischen Durchfluß und Aufwand für die Wassernutzung und den Schutz gegen schädigende quantitative Auswirkungen des Wassers

Für die Ermittlung der ökonomischen Wirkungen der Hochwässer sind zunächst stets die vorhandenen Meß-, Rechen- und Schätzergebnisse über die Verluste und Mehraufwendungen und die schadenbeeinflussenden Faktoren entsprechend den örtlichen Verhältnissen zu erfassen, zu analysieren, darzustellen und zu beurteilen. Sind für abgelaufene Hochwasserereignisse Meß- oder Berechnungsergebnisse nur begrenzt oder nicht vorhanden, können die mit dieser Methodik gegebenen Richtwerte angewendet werden. Angeboten werden Kennzahlen mit unterschiedlichen sachlichen und zeitlichen Auflösevermögen, d. h. Kennzahlen für nutzungsorientierte Schadensgruppen (Tabellen 1 bis 4) und flächenorientierte Schädenkennzahlen (Tabelle 5). Die Kennzahlen wurden aus Einzelerhebungen und Kalkulationen abgeleitet, sind auf den gegenwärtigen Zeitpunkt bezogen und gelten nur für Vorhersageberechnungen von möglichen Hochwasserschäden im Rahmen der wasserwirtschaftlichen Entwicklungsplanung.

Die mit der meteorologisch-hydrologischen Hochwasservorhersage unmittelbar zeitgleiche, vorausschauende Berechnung der ökonomischen Nachteilwirkungen für ausgewählte Hochwasserereignisse (HQ_n) in Flußgebieten ist über ein System homogener Kriterien (durch Geldgrößen ausgedrückte direkte und indirekte materielle Verluste und Mehraufwendungen) mittels der Gesamtverlust-Kennziffer möglich. Beim gegenwärtigen Bearbeitungsstand der Vorhersagemethodik /5/ werden

- industrielle Produktionsausfälle im Ergebnis von Unterbrechungen des Produktionsprozesses, Aufwendungen für den Einsatz von Arbeitskräften aus Produktions- und anderen Betrieben bei der unmittelbaren Hochwasserbekämpfung, sowie für die stabsmäßige Leitung der Hochwasserüberwachung und -abwehr, sowie
- mögliche Evakuierungen und andere Maßnahmen, die entsprechend den geltenden Ordnungen durch die Organe der Zivilverteidigung eingeleitet werden,

bewußt nicht berücksichtigt.

Die ökonomischen Nachteile bei Hochwasser sind territorialgebunden und damit standortbezogen zu ermitteln, wobei unmittelbare Beziehungen zwischen

- den die überstaute Fläche mit ihren produktiv und konsumtiv genutzten Grundmitteln und Nutzflächen verursachenden Hochwasserabflüssen (HQ_n) bzw. Hochwasserständen (HQ_W),
- der Überstauungsdauer und
- den Anteilen (ausgedrückt im Schädenkoeffizienten) der materiellen und finanziellen Verluste und Mehraufwendungen bezüglich der gefährdeten Grundmittel und Nutzflächen

bestehen.

Gegenstand der Methodik zur Vorausberechnung der ökonomischen Auswirkungen bei Hochwasserereignissen ist deshalb die näherungsweise, quantitative Widerspiegelung der vorgenannten Abhängigkeiten auf der Grundlage regionaler Untersuchungen.

Es wurde mehrfach für konkrete Flußgebiete und Teile davon (z. B. Müglitz, Pließnitz, Weiße Elster, Obere Elbe) nachgewiesen, daß die Abhängigkeiten zwischen den Hochwasserständen, den überstauten Flächen, der Überstauungsdauer, der Ökonomie des überstauten Territoriums und den ökonomischen Wirkungen der Hochwässer relativ schnell und einheitlich sowie bei aller notwendigen Abstraktion mit einem hohen Grad an Praxisnähe quantifiziert werden können.

Die Abgrenzung der hochwassergefährdeten Flächen für HQ_n, die Auswahl des Bezugspegels und andere meteorologisch-hydrologische Vorarbeiten, Analysen und Vorhersagen sind methodisch weitestgehend vorgegeben und vorteilhaft auf Karten im Maßstab 1:1000 darzustellen.

Für die Überstauungsflächen der verschiedenen Hochwasserereignisse HQ_n (in der Regel $HQ_{20, 100, 1000, 10000}$) sind die ökonomischen Vorhersagerechnungen bezüglich

- gefährdeter Produktionsmittel und sonstiger Vermögenswerte,
- Viehverluste,
- Verluste der land- und forstwirtschaftlichen sowie gärtnerischen Produktion sowie
- zusätzlicher Transportaufwendungen

durchzuführen (Bild 3).

Die ökonomischen Werte der Zerstörungen oder Beschädigungen von Grundmitteln der industriellen und sonstigen Produktion sowie Konsumtion (z. B. auch Gebäude und bauliche Anlagen der Bürger, Hausinstallationen

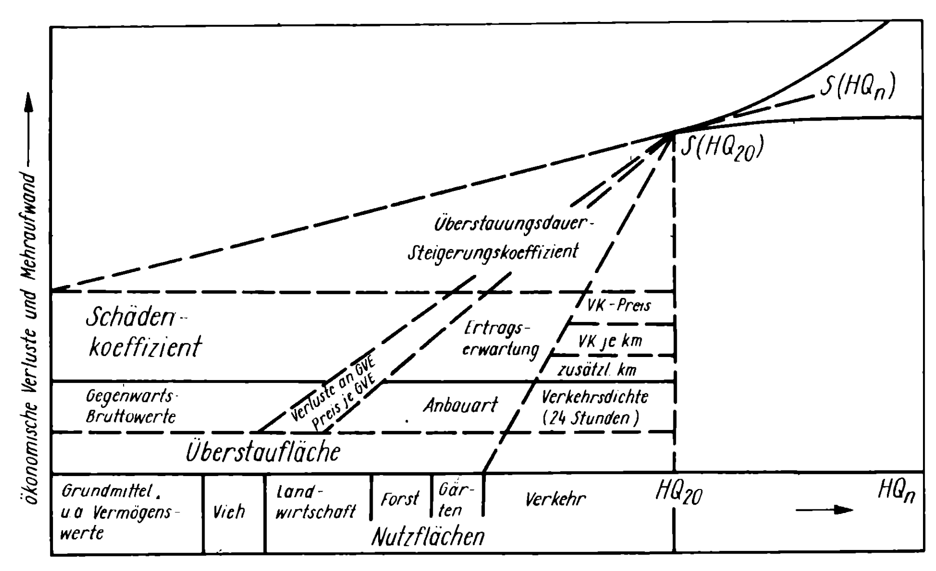


Bild 3 Prinzipschema zur Ermittlung der ökonomischen Auswirkungen von Hochwasser

und Vorräte in überfluteten Kellern) werden durch die notwendigen Ersatzmaßnahmen und Instandhaltungsaufwendungen (hier durch das Produkt von Bruttowert und den als Wirkungsfaktor definierten Schädenkoeffizienten ausgedrückt) repräsentiert (Tabelle 1). Gefährdete kulturhistorische Objekte können durch einen relativ hohen Schädenkoeffizienten (z. B. 1000%) spezifisch bewertet werden. Bei langlebigen Grundmitteln kann – sofern noch nicht berücksichtigt – die bisherige Baupreisentwicklung in die Rechnungen einbezogen werden. Die Beschädigungen, Zerstörungen und das Unbrauchbarwerden von Produktions- und Lagervorräten werden durch die Wertminderung bzw. den totalen Verlust der Vorräte erfaßt.

Für die Schäden an den unbewerteten Gewässerbetten werden (im Mittel 11 TM/km, bzw. in Abhängigkeit von der Sohlbreite < 1 m; 1 bis 5 m; 5 bis 10 m und > 10 m: 6; 11; 12,5; 20 TM/km) Kennzahlen für den hochwasserbedingten Instandhaltungsaufwand vorgegeben.

Die Viehverluste können aus der Anzahl der betroffenen Tiere (umgerechnet auf Großvieheinheiten GVE) und dem Preis (z. B. für Milchkühe 5 TM/GVE) ermittelt werden.

Die ökonomischen Nachteile durch die Beschädigung der land- und forstwirtschaftlichen sowie gärtnerischen Kulturen werden finanziell durch den verlorenen Produktionsaufwand für die Bearbeitung und Bestellung des Bodens sowie Pflege der Kulturen und den nicht mehr realisierbaren Erlös aus dem Absatz der Produkte bis hin zum Totalausfall erfaßt. Als Berechnungsgrundlagen dienen die mittlere räumliche Struktur der Anbaukulturen und die Ernteerwartungen (Tabellen 2 bis 4).

Überstaute Transportwege führen infolge der dadurch bedingten Verkehrsumleitungen teilweise zu erheblich höherem Transportaufwand. Die Fahrzeugdichte (Anzahl der Fahrzeuge in 24 Stunden), die Differenz zwischen normaler und Umleitungsstrecke (in km), die voraussichtliche Dauer der Sperrung in Tagen sowie die Kennziffern 0,1 Liter Vergaserkraftstoff je Kilometer (Kraftstoffverbrauch) und der jeweilige Kraftstoffpreis (z. B. 1,50 M/l VK) ermöglichen die Berechnung des zusätzlichen Transportaufwandes.

Die grafische Darstellung der berechneten Gesamtschäden und Mehraufwendungen führt unter Beachtung der Topographie des Territoriums zu gebietsbezogenen Schädenfunktionen $S(HQ_n)$ (Bild 4).

Wesentlichen Einfluß auf die Höhe der ökonomischen Nachteilwirkungen bei Hochwasser hat die Überstauungsdauer. Für die Vorhersageberechnung der Schäden und Mehraufwendungen werden die im Bild 4 auf 3 (5, 7) bis 10 (15, 20) Tage bezogenen Steigerungskoeffizienten (im Wertebereich 1 bis 2) definiert.

Die flächenbezogenen Schädenkennwerte (Tabelle 5) ermöglichen relativ schnell eine überschlägige Berechnung des auf HQ_n bezogenen Gesamtschadens für Ortslagen und Produktionsstandorte. Die Kennziffern beziehen sich nur auf Gebäude und bauliche Anlagen, so daß die Schäden an Ausrüstungen sowie Produktions- und Lagervorräten, des Verkehrswesens und an wasserwirtschaftlichen Anlagen (Tabelle 1), für Viehverluste, auf land- und forstwirtschaftlichen Nutzflächen sowie in Kleingärten während der Vegetationsperiode (Tabellen 2 bis 4) und durch erhöhte Transportaufwendungen gesondert er-

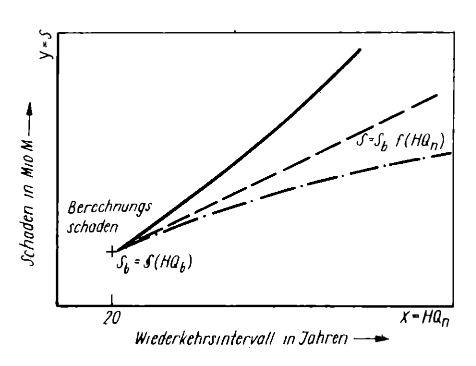


Bild 4 Zur Abhängigkeit der Hochwasserschäden vom Wiederkehrsintervall der Hochwasserereignisse

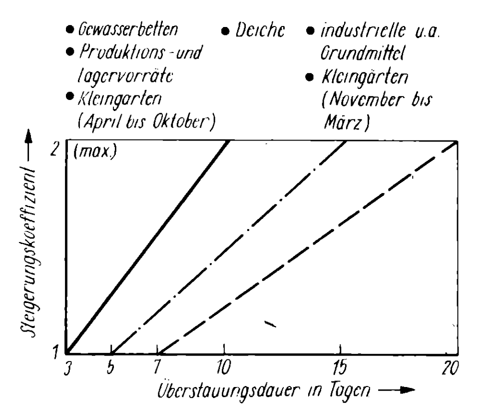


Bild 5 Vereinfachte Beziehungen zwischen Gesamtschaden und Überstauungsdauer in Tagen

faßt und berücksichtigt werden müssen. Die Auswirkungen der Überstauungsdauer ergeben sich nach Bild 5. Die gebietsbezogenen Schadensfunktionen $S(HQ_n)$ können, wenn keine anderen Aussagen vorliegen, aus dem Berechnungsschaden $S(HQ_b)$ eines gut ausgewerteten abgelaufenen HQ_b und der Nutzungscharakteristik des Untersuchungsgebietes ermittelt werden. Aus Schadensanalysen im Bereich HQ_{10} bis HQ_{200} bieten sich als mathematische Grenzgleichungen

$S(HQ_n)^{oben} = S(HQ_{20})\ (0{,}05\ HQ_n)^{1/2}$ bzw.

$S(HQ_n)^{unten} = S(HQ_{20})\ \log X/2$

an.

Beide Funktionen begrenzen eine Fläche, innerhalb der die Schäden vor allem für die Fließgewässer des Mittelgebirgsvorlandes für HQ_{20} bis HQ_{200} erwartet werden.

Der durchschnittliche jährliche Gesamtschaden eines Überschwemmungsgebietes in der Periode T (z. B. bis 1000 Jahre) ergibt sich aus der Summe der Produkte aus der Anzahl der HQ_n und den zugehörigen korrigierten Schäden $S^*(HQ_n)$ der Periode.

Die vollständige Methodik mit Beispielsrechnungen ist in allen Wasserwirtschaftsdirektionen vorhanden.

Literatur

/1/ *Grochulski, J.*: Methode zur hydrologisch-ökonomischen Einschätzung von Hochwässern in Flußgebieten, im RGW-Bulletin der TLWO, Moskau 1977, H. 19, S. 63–72 (russ.)

/2/ *Kiefer, W.*: Ermittlung von Hochwasserschäden. In: Wasser und Boden, Hamburg 28 (1976) 10, S. 255–258

/3/ *Nicolic, Z.*: Valution of Flood Damages. (Bewertung von Hochwasserschäden). In: Transactions „Jaroslav lav Cerni", Institute of Development of Water Resources, Beograd 24 (1981), 70–72, p. 51–63

/4/ *Schaake, U.*: Beitrag zur Ökonomie von Wasserbereitstellung, Abwasserbehandlung und Hochwasserschutz, Mitteilungen d. Inst. für Wasserwirtschaft, H. 34, Berlin 1970

/5/ *Schaake, U.*: Methodik zur Vorausberechnung von Schäden bei Eintreten von Hochwasserereignissen. In: Nachrichten Mensch–Umwelt, Akademie der Wissenschaften der DDR, 13 (1985) H. 4, S. 49–51

/6/ *Schweiger, K.-H.*: Nutzung der Gewässer. 2. Lehrbrief Wasserbewirtschaftung. Nr. 021664020. Zentralstelle für das Hochschulfernstudium des MHF Dresden, 1979

/7/ *Schweiger, K.-H.*: Stufenmethodik zur volkswirtschaftlichen und betrieblichen ökonomischen Beurteilung von Maßnahmen der Wasserbereitstellung und -sanierung im Rahmen der Entwicklungsplanung. Techn. Univ. Dresden, Sektion Wasserwesen, Reprint, 20-5-84 und 20-6-84

/8/ *Schweiger, K.-H.*: Zur Ermittlung von Grenzwerten der Wasserbeschaffenheit der Fließgewässer und Inhaltstoffe der Abwassereinleitungen. In: Wiss. Z. d. Techn. Univ. Dresden, 36 (1987) H. 6

/9/ *Schweiger, K.-H.; Baeck, H.; Daffner, Th.*: Nutzungs- und Schutzanforderungen an die Wasserbeschaffenheit der Gewässer für Trink-, Tränk- und Betriebswasser, die Bewässerung und Erholung sowie die Gewässerökosysteme und Fischwirtschaft. Wiss. Z. d. Techn. Univ. Dresden, 34 (1985) H. 1, S. 47–154 und H. 4, S. 201–209

Tagungsankündigungen

Die Wissenschaftlich-technische Gesellschaft für Meß- und Automatisierungstechnik – WGMA – im Präsidium der Kammer der Technik wird im Jahr 1988 folgende Tagungen veranstalten:

Internationales Messesymposium
„Rechnergestützte Qualitätssicherung CAQ '88"
Leipzig, 17.–19. März 1988

11. Wissenschaftlich-Technische Konferenz
„Automatisierungssysteme"
Berlin, 5.–6. Mai 1988

17. Jahrestagung
„Grundlagen der Modellierung und Simulationstechnik"
Rostock, 7.–9. Dezember 1988

Jahrestagung der WGMA „Automatisierungstechnik"
Magdeburg, 15.–16. Dezember 1988

Teilnehmerwünsche sind zu richten an das Präsidium der KDT, W G M A
PSF 1315
Berlin, 1086

Ausgewählte Ergebnisse experimenteller Untersuchungen mit Lysimeteranlagen

Dr. sc. techn. Ralph MEISSNER, KDT; Dr. agr. Dietrich KRAMER, KDT; Dipl.-Landw. Hermann TAEGER
Beitrag aus der Wasserwirtschaftsdirektion Untere Elbe und der Wasserwirtschaftsdirektion Berlin

Während für Wasserhaushaltsbilanzierungen im Lockergesteinsbereich Lysimeter seit mehr als 30 Jahren das quantitativ exakteste Hilfsmittel darstellen, werden sie seit Beginn der 70er Jahre auch verstärkt für die Untersuchung von Beschaffenheitsfragen im Prozeß des Feuchtetransportes, besonders des Sikkerwassers, mit Erfolg eingesetzt /1/. Aus der Vielzahl der vorhandenen Lysimetertypen, die eine zusammenfassende Darstellung in /2, 3/ finden, haben sich neben wägbaren, monolithisch gefüllten Lysimetern in eigenen Experimenten sowohl für qualitative als auch für quantitative Untersuchungen ebenfalls einfache, nicht wägbare Lysimeterformen des Typs der Kastenlysimeter – mit monolithischer oder geschichteter Verfüllung – bewährt. In Normalbauausführung handelt es sich um Würfel von 1,2 m Länge (nutzbare Bodentiefe 1 m) und 1 m Breite. Diese können für spezielle Fragestellungen auch als Unterkrumenlysimeter in bewirtschafteten Flächen, speziell Feldversuchen, verwendet bzw. als Grundwasserlysimeter gestaltet werden. Unterkrumenlysimeter werden in Form offener Kästen knapp unterhalb der normalen Bearbeitungstiefe (Pflugtiefe) – als Regel 30 cm Bodentiefe – eingebaut und behindern nicht die übliche Feldbewirtschaftung (Bild 1). Ihre Eignung für leichte bis mäßig bindige Böden ließ sich in geohydraulischen Sandmodelluntersuchungen und unter Feldbedingungen bestätigen /4/.

Der hauptsächliche Vorteil der Grundwasserlysimeter (Bild 2) ist der fehlende Kapillarwasserstau im Sohlbereich des Lysimeters bei einem der natürlichen Schwerkraft folgenden Sickerwasserabfluß und somit seine besondere Eignung für Untersuchungen zur Staubewässerung; es entfällt jeder „verfälschende Lysimeterfehler" /5/.

Diese Formen der einfachen Kastenlysimeter bewähren sich, um bevorzugt auf leichteren bis mäßig bindigen Böden neben Aussagen zum Wasserhaushalt auch Migrationsvorgänge und Retentionspotentiale sowie Prozesse des Stoffabbaus und der -umsetzung im Boden zu erfassen, wie sie unter anderem für Fragen der Abwasserbodenbehandlung, der landwirtschaftlichen Klärschlamm- oder Gülleverwertung zu klären sind und über die bei uns langjährige Versuchsreihen verfügbar sind. In den letzten Jahren wurden vor allem Prozesse der Nährstoffverlagerung und speziell der Stickstoff-Dynamik unter verschiedenen Feuchte-, Nutzungs- und Bodenbedingungen untersucht.

Während sich der Einsatzbereich von Lysimetern auf die Beobachtung von quantitativen und qualitativen Veränderungen des Sickerwasserstromes in der Aerationszone beschränkt, wurden seit 1972 gezielt Anstrengungen unternommen, um die im Grundwasserleiter ablaufenden Stoffwandlungsprozesse zu erfassen. Ausführliche Informationen über den Aufbau und die Wirkungsweise derartiger sogenannter „Röhrenreaktoren" sowie damit erzielte Untersuchungsergebnisse sind in /6/ enthalten. Vorgänger dieser „Röhrenreaktoren" waren Unterkrumenreaktionsgefäße, über die in /7/ berichtet wird.

Die optimale und duale wasser- und landwirtschaftliche Nutzung von Trinkwasserschutz- und Trinkwasservorbehaltsgebieten (TSG und TVG) erfordert Untersuchungen über die Wirkung von entsprechenden Intensivierungsmaßnahmen der Pflanzenproduktion, vor allem Beregnung und Düngung (speziell Stickstoff), auf die Sickerwasserbeschaffenheit. Von primärer Bedeutung für die Praxis ist dabei die Fragestellung, ob die seit 1972 in zu-

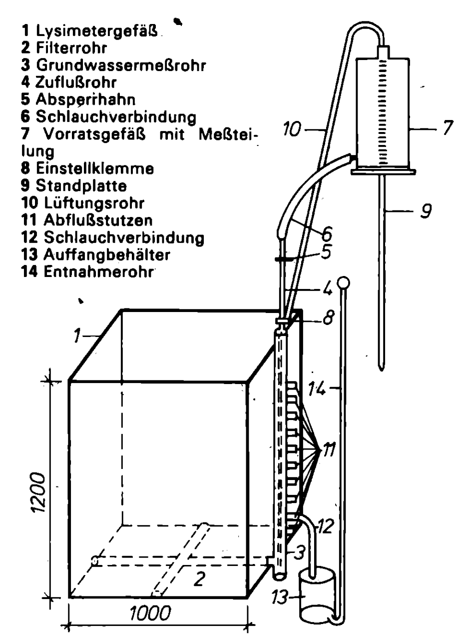


Bild 2 Prinzipskizze eines Grundwasserlysimeters

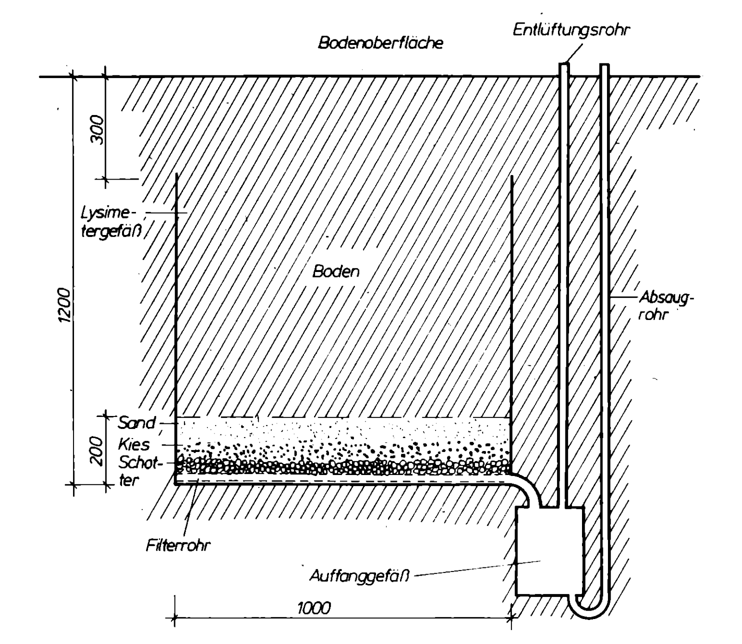


Bild 1 Prinzipskizze eines Unterkrumenlysimeters

Tabelle 1: Einfluß der Beregnung auf die Sickerwassermenge und -beschaffenheit sowie die Ertragsbildung

Kriterium	Dim.	Beregnungsvariante O	BE	F-Test	t-Test 5%	1%	0,1%
Sommer							
Sickerwasser	mm	23	47	s.	19	26	33
N(Fracht)	kg/ha	11	16	n. s.	–	–	–
K(Fracht)	kg/ha	2	3	n. s.	–	–	–
N(Konz.)	mg/l	47	30	s.	13	18	23
K(Konz.)	mg/l	9	7	n. s.	–	–	–
Ertrag	dt GE/ha	69	89	n. s.	–	–	–
Winter							
Sickerwasser	mm	128	153	n. s.	–	–	–
N(Fracht)	kg/ha	58	48	n. s.	–	–	–
K(Fracht)	kg/ha	8	8	n. s.	–	–	–
N(Konz.)	mg/l	41	29	s.	7	9	12
K(Konz.)	mg/l	7	5	n. s.	–	–	–
Jahr							
Sickerwasser	mm	151	200	n. s.	–	–	–
N(Fracht)	kg/ha	69	64	n. s.	–	–	–
K(Fracht)	kg/ha	10	11	n. s.	–	–	–
N(Konz.)	mg/l	42	29	s.	7	10	13
K(Konz.)	mg/l	7	6	n. s.	–	–	–

Tabelle 2: Einfluß von Beregnung und Düngung auf die Sickerwassermenge und -beschaffenheit sowie die Ertragsbildung

Kriterium	Dim.	Düngung schwach 0	BE	stark 0	BE	F-Test	t-Test 5%	1%	0,1%
Sommer									
Sickerwasser	mm	22	47	23	44	n. s.	–	–	–
N (Fracht)	kg/ha	9	17	13	14	n. s.	–	–	–
K (Fracht)	kg/ha	2	3	2	3	n. s.	–	–	–
N (Konz.)	mg/l	41	29	53	31	n. s.	–	–	–
K (Konz.)	mg/l	10	6	8	7	n. s.	–	–	–
Ertrag	dt GE/ha	69	88	70	90	n. s.	–	–	–
Winter									
Sickerwasser	mm	130	156	126	150	n. s.	–	–	–
N (Fracht)	kg/ha	45	47	71	48	n. s.	–	–	–
K (Fracht)	kg/ha	10	7	7	8	n. s.	–	–	–
N (Konz.)	mg/l	32	29	50	29	s.	10	13	17
K (Konz.)	mg/l	7	5	6	5	n. s.	–	–	–
Jahr									
Sickerwasser	mm	152	203	149	194	n. s.	–	–	–
N (Fracht)	kg/ha	54	64	84	62	n. s.	–	–	–
K (Fracht)	kg/ha	12	10	9	11	n. s.	–	–	–
N (Konz.)	mg/l	33	30	51	29	s.	11	14	18
K (Konz.)	mg/l	8	5	6	6	n. s.	–	–	–

Tabelle 3: Einfluß von Beregnung und Jahreswitterung auf die Sickerwassermenge und -beschaffenheit sowie den Ertrag

Kriterium	Dim.	Jahreswitterung trocken 0	BE	normal 0	BE	feucht 0	BE	F-Test
Sommer								
Sickerwasser	mm	19	46	21	36	38	60	n. s.
N (Fracht)	kg/ha	7	14	17	19	17	16	n. s.
K (Fracht)	kg/ha	1	2	1	2	6	6	n. s.
N (Konz.)	mg/l	43	31	72	37	32	19	n. s.
K (Konz.)	mg/l	9	6	6	6	11	11	n. s.
Ertrag	dt GE/ha	60	89	76	88	89	90	n. s.
Winter								
Sickerwasser	mm	107	125	143	165	117	162	n. s.
N (Fracht)	kg/ha	57	60	54	44	70	39	n. s.
K (Fracht)	kg/ha	4	6	10	8	9	10	n. s.
N (Konz.)	mg/l	45	41	36	26	52	22	n. s.
K (Konz.)	mg/l	4	5	7	5	8	6	n. s.
Jahr								
Sickerwasser	mm	126	171	164	201	155	222	n. s.
N (Fracht)	kg/ha	64	74	71	63	87	55	n. s.
K (Fracht)	kg/ha	5	8	11	10	15	16	n. s.
N (Konz.)	mg/l	42	27	44	32	32	29	n. s.
K (Konz.)	mg/l	10	7	5	4	5	6	n. s.

nehmendem Umfang in der DDR mit Erfolg praktizierte wissenschaftlich fundierte Einsatzsteuerung der Beregnung nach den Empfehlungen der EDV-Beregnungsberatung (Anwendungsumfang 1986: 72% der für die Beregnung erschlossenen Fläche) auch in Gebieten mit intensiver wasserwirtschaftlicher Nutzung ohne schädigende Nachwirkungen auf das für Trinkwasserzwecke genutzte Grundwasser anwendbar ist.

Material und Methoden

Zur Klärung dieser Problematik wird ein 1969 auf dem Meßfeld des Institutes für Wasserwirtschaft in Seehausen (Altmark) (Kreis Osterburg, Bezirk Magdeburg) angelegter kombinierter Feld-Lysimeterversuch (Unterkrumenlysimeter) zur Untersuchung differenzierter Klarwasserberegnungssteuerungsvarianten einer speziellen Auswertung unterzogen /8, 9/. Im Mittelpunkt steht dabei der Vergleich der Sickerwasserkonzentration Frachten und Ertragsleistungen zwischen der von 1974 bis 1985 geprüften EDV-Beregnungsvariante (BE) und der nicht bewässerten Kontrollvariante (O).
Beim Versuchsboden handelt es sich um einen diluvialen Sand, als Bändersand-Braunerde eingestuft, mit relativ hohem Anteil organischer Substanz in der Krumenschicht. Der Unterboden ist ein homogener Mittel- bis Feinsand ohne nennenswerte Gliederungen. Der Grundwasserspiegel liegt während der Vegetationsperiode etwa 2 m unter Gelände.
Die komplexe Versuchsanordnung erstreckt sich auf jährlich 3 Felder mit den nachstehend genannten Fruchtfolgen:

Feld A 40% Getreide, 40% Hackfrucht und 20% Ackerfutter
Feld B 25% Getreide, 25% Hackfrucht, 25% Feldgras und 25% Ackerfutter
Feld C 33% Feldgras als 3jährige Nutzung, 33% Hackfrucht und 33% Feldfutter

Der Mineraldüngereinsatz erfolgte zu Versuchsbeginn entsprechend den Empfehlungen des Institutes für Düngungsforschung und anschließend nach den Berechnungen des gegenwärtig in der landwirtschaftlichen Praxis gebräuchlichen EDV-Düngungsmodells DS79 (Normdüngung). Hierbei wurde folgende Differenzierung gewählt:

Schwachdüngungsvariante
– Normdüngung, ab 1983 75% der Normvorgabe

Starkdüngungsvariante
– 150% der empfohlenen Normdüngergabe, ab 1983 100% der Normvorgabe

Neben Parzellen zur Ertragsermittlung (Fläche 100 m², davon 20 m² als Ernteparzelle genutzt) sind in den Einzelvarianten Unterkrumenlysimeter nach Bild 1 eingerichtet, mit deren Hilfe mengen- und beschaffenheitsmäßige Sickerwasseruntersuchungen in 1 m Bodentiefe vorgenommen wurden.

Ergebnisse und Diskussion

Der Einsatz der EDV-gesteuerten Beregnung bewirkte erwartungsgemäß eine Erhöhung der Sickerwasserbildung, die jedoch nur im hydrologischen Sommerhalbjahr signifikante Unterschiede zur unberegneten Kontrollvariante aufwies (Tabelle 1).
Auf die Ermittlung der Phosphat- (P-) Frachten bzw. Konzentrationen wurde bei dieser Auswertung verzichtet, da der Nachweis der Unbedenklichkeit der Kontamination des Grundwassers durch die mineralische P-Düngung bereits erbracht wurde /10, 11/. Des weiteren ist darauf hinzuweisen, daß bei diesen Versuchen > 99% des im Sickerwasser enthaltenen Gesamtstickstoffs in Form von Nitrat vorlagen und deshalb keine Darstellung nach Stickstofformen erfolgt.
Die mit dem Sickerwasserstrom ausgewaschenen Mengen an Stickstoff (N) und Kalium (K) zeigten keine statistisch gesicherten Differenzierungen zwischen den Untersuchungsvarianten. Demgegenüber konnten unter Beregnungsbedingungen deutliche Mehrerträge von im Mittel 20 dt GE/ha ermittelt werden. Mit der erhöhten Ertragsbildung ist gleichzeitig ein verstärkter Entzug von Nährstoffen, speziell N, durch die Pflanzen verbunden, der zu einer signifikanten Senkung der N-Konzentration im Sickerwasser führte.
Ein statistisch gesicherter Einfluß der Beregnung auf die K-Konzentration im Sickerwasser wurde nicht nachgewiesen. Anhand dieser Ergebnisse wird deutlich, daß die nach wissenschaftlichen Kriterien erfolgte Einsatzsteuerung der Beregnung entsprechend dem pflanzenphysiologischen Wasserbedarf keine negativen Auswirkungen auf den Eintrag von essentiellen Nährstoffen in das Grundwasser hat.
Als Begründung für dieses „abweichende Verhalten" bezüglich des nicht höheren Nährstoffaustrages unter Beregnungsbedingungen gegenüber früheren Versuchsauswertungen (z. B. /10/) bzw. den in der Literatur meist vertretenen Auffassungen (z. B. /12/) wird vor allem die Einsatzsteuerung der Beregnung nach den Empfehlungen der EDV-Beregnungsberatung und die weitgehende Einhaltung der mineralischen Düngernormen entsprechend dem EDV-Düngungsmodell DS79 angesehen. Anhand von N-Steigerungsversuchen wurde nachgewiesen, daß der sprunghafte Anstieg der N-Auswaschung erst bei Einsatzmengen von etwa 300 kg/ha N beginnt, die hier im Mittel nicht erreicht wurden (durchschnittlicher N-Einsatz Schwachdüngungsvariante 170 kg/ha; Starkdüngungsvariante 260 kg/ha) /13/.
Die Zunahme des N-Austrages mit steigender Düngungshöhe zeigt sich vor allem für die unberegnete Variante, wie aus Tabelle 2 zu ersehen ist.
In den geprüften Düngungsstufen führt der EDV-gesteuerte Beregnungseinsatz dagegen zu keiner signifikanten Mehrauswaschung von Grundnährstoffen. Nach früheren Untersuchungen führt höherer, über die Empfehlungen der EDV-Beregnungsberatung hinausgehender Zusatzwassereinsatz zu einer signifikant vermehrten Sickerwasserbildung und ist mit einer verstärkten N-Auswaschung, aber gleichzeitig verminderter N-Konzentration des Perkolats verbunden.
Die Wirkungen von Beregnung und Witterung auf die Quantität und Qualität des Sickerwassers sowie den Ertrag verdeutlicht Tabelle 3. Hierbei wurden jeweils die hydrologischen Jahre bzw. Halbjahre nach dem aktuellen natürlichen Niederschlag in folgende Gruppierungen eingestuft:

Trockenjahre
– natürliche Niederschläge < 90% des langjährigen Mittels

Tabelle 4: Einfluß der Beregnung und der angebauten Fruchtarten auf die Sickerwassermenge und -beschaffenheit sowie auf den Ertrag

Kriterium	Dim.	Beregnungsvar.	Fruchtarten Gras	Kart.	Rüben	Getr.	Hafer-Klee-ans.	Klee	Futter	F-Test
Sommer										
Sickerwasser	mm	0	7	52	35	8	19	3	20	
		BE	47	98	37	20	28	12	30	n. s.
N (Fracht)	kg/ha	0	2	33	20	1	4	1	0	
		BE	10	44	20	1	6	1	1	n. s.
K (Fracht)	kg/ha	0	0	6	3	0	0	0	1	
		BE	4	6	2	1	1	0	3	n. s.
N (Konz.)	mg/l	0	48	67	58	39	30	23	4	
		BE	14	44	57	20	36	9	7	n. s.
K (Konz.)	mg/l	0	14	10	9	7	4	4	6	
		BE	7	6	7	8	5	4	9	n. s.
Ertrag	dt GE/ha	0	54	55	146	56	47	24	98	
		BE	76	73	167	67	72	52	105	n. s.
Winter										
Sickerwasser	mm	0	128	179	76	163	113	117	66	
		BE	181	184	99	171	124	176	68	n. s.
N (Fracht)	kg/ha	0	33	134	34	77	34	24	8	
		BE	32	100	26	75	30	20	10	n. s.
K (Fracht)	kg/ha	0	8	14	4	8	7	10	3	
		BE	9	10	6	6	7	10	2	n. s.
N (Konz.)	mg/l	0	30	77	39	41	28	19	23	
		BE	19	56	26	35	22	11	16	n. s.
K (Konz.)	mg/l	0	7	9	4	5	6	8	5	
		BE	5	5	5	4	6	6	4	n. s.
Jahr										
Sickerwasser	mm	0	135	231	111	171	132	120	86	
		BE	228	282	136	191	152	188	98	n. s.
N (Fracht)	kg/ha	0	35	167	54	78	38	25	8	
		BE	42	144	46	76	36	21	11	n. s.
K (Fracht)	kg/ha	0	8	20	7	8	7	10	4	
		BE	13	16	8	7	8	10	5	n. s.
N (Konz.)	mg/l	0	30	77	46	38	26	19	18	
		BE	19	51	38	30	22	10	10	n. s.
K (Konz.)	mg/l	0	7	10	7	5	5	8	5	
		BE	5	6	6	4	6	6	6	n. s.

Normaljahre
– natürliche Niederschläge 90...110 % des langjährigen Mittels
Feuchtjahre
– natürliche Niederschläge > 110 % des langjährigen Mittels
Obwohl für die untersuchten Kriterien keine signifikanten Differenzierungen ermittelt wurden, zeigt sich sowohl unter beregneten als auch unter unberegneten Verhältnissen mit zunehmender Niederschlagstätigkeit eine verstärkte Sickerwasserbildung, verbunden mit einer erhöhten Nährstoffauswaschung, besonders von Stickstoff. Allerdings übt auch hierbei der EDV-gesteuerte Beregnungseinsatz eine ausgleichende Funktion aus, wie bei der Betrachtung der mit dem Sickerwasser ausgetragenen Nährstofffrachten und Konzentrationen, vor allem N, deutlich wird. Die positive Wirkung einer pflanzenphysiologisch optimalen Wasserversorgung zeigt sich ebenfalls beim Vergleich der Erträge. Sie nehmen unter unberegneten Bedingungen mit steigender Niederschlagsversorgung zu, während sie beim EDV-gesteuerten Beregnungseinsatz – dessen Aufgabe im Ausgleich von natürlichen Niederschlagsdefiziten besteht – ein weitgehend konstantes Niveau aufweisen.

Die unter ackerbaulich genutzten Standorten bereits von *Kramer* et al. /14/ nachgewiesene zunehmende Gefährdung der Auswaschung von Stickstoff in der Reihe Feldfutter-, Gras-, Getreideanbau < Hackfruchtanbau (Kartoffeln, Rüben) wurde auch unter den Bedingungen einer EDV-Beregnungsberatung tendenziell bestätigt (Tabelle 4); Abweichungen sind auf unterschiedliche Anbauhäufigkeiten in den Versuchsjahren zurückzuführen. Die durch den Beregnungseinsatz unter beiden Fruchtartengruppen zu verzeichnende Verringerung der N-Konzentration im Sickerwasser von 1 m Tiefe beträgt im langjährigen Durchschnitt etwa 30 %. Eine im Vergleich zur unberegneten Variante erhöhte N-Auswaschung unter Beregnungsbedingungen konnte nur für die Fruchtart Gras ermittelt werden. Die Ursache dafür ist in der relativ hohen Versorgung dieser Fruchtart mit Zusatzwasser (>> 200 mm) und mineralischem N-Dünger (in der Starkdüngungsvariante >> 300 kg/ha), besonders in den ersten Versuchsjahren (Beginn der EDV-Beregnungsberatung) zu suchen. Sowohl bei der K^+-Konzentration als auch der K^+-Fracht wurden zwischen den Fruchtarten und der Beregnung bzw. Nichtberegnung keine signifikanten Unterschiede ermittelt. Die Unterschreitung des im Standard TGL 34 334 – Nutzung und Schutz der Gewässer, Grundwässer, Klassifizierung – enthaltenen K^+-Grenzwertes von 10 mg/l wird meist schon nach 1 m Bodentiefe gewährleistet.

Schlußfolgerungen

Anhand der vorliegenden Untersuchungsergebnisse wird deutlich, daß die nach wissenschaftlichen Kriterien vorgenommene Einsatzsteuerung der Beregnung entsprechend dem pflanzenphysiologischen Wasserbedarf (EDV-Beregnungsberatungssystem) gekoppelt mit einer fundierten Mineraldüngungsbemessung nach dem EDV-Düngungssystem DS79 im Vergleich zu unberegneten Bedingungen keine negativen Auswirkungen bezüglich einer Mehrbelastung der unterirdischen Wasserressourcen mit Grundnährstoffen (N, P, K) erwarten läßt. Der im Jahresverlauf unter Beregnungsbedingungen weitgehend ausgeglichene N- bzw. K-Sickerwasserkonzentrationsverlauf, der auch in Jahren mit differenzierter natürlicher Niederschlagsversorgung keinen signifikanten Änderungen unterliegt, führt zu der Schlußfolgerung, daß in Trinkwasserschutzgebieten sowie Trinkwasservorbehaltsgebieten, Schutzzone III, die Beregnung der angebauten Fruchtarten unter Anwendung der pflanzenphysiologisch gesteuerten EDV-Beregnungsberatung vorgenommen werden kann. In Schutzzone II erscheint die Beregnung mit Klarwasser von natürlich geschützten Standorten nach gleichen Prinzipien ebenfalls möglich, sie sollte sich allerdings bei leichten Böden vorrangig auf Futter- und Graskulturen konzentrieren.

Literatur

/1/ *Rytz, P.; Golf, W.*: Einschätzung und Eignung der Lysimetrie für das Kontrollsystem. F/E-Bericht Institut f. Geographie und Geoökologie der AdW der DDR und der TU Dresden, Sektion Wasserwesen (unveröff.) 1984
/2/ Empfehlungen zum Bau und Betrieb von Lysimetern. DVWK Regeln zur Wasserwirtschaft, (1979), Heft 114
/3/ *Aboukhaled, A.; et al.*: Lysimeters. FAO-Informationsschrift, Rom 1982 (engl.)
/4/ *Kramer, D.; Taeger, H.; Weber, W.*: Wasserverluste und ihre Auswirkungen auf den Wasserbedarf bei der Beregnung. WWT 23 (1973) 4, S. 127–130
/5/ *Kramer, D.*: Untersuchungen zum Wasserhaushalt mittels Grundwasserlysimeter. WWT 20 (1970) 11, S. 387–392
/6/ *Schwan, M.*: Beitrag zur Simulation der Nitratdynamik im Grundwasser. Diss. A, Techn. Univ. Dresden 1985
/7/ *Schwan, M.; Kramer, D.; Gericke, C.*: Simulation des Nitratabbaus im Grundwasser. Acta hydrochim. et hydrobiol. 12 (1984) 2, S. 163–171
/8/ *Kramer, D.; Meißner, R.; Taeger, H.*: Experimentelle Untersuchungen zur Bestimmung von Abflüssen und Rückflüssen der Beregnung in der Landwirtschaft. Arch. Acker- u. Pflanzenbau u. Bodenkd., Berlin 25 (1981) 11, S. 687–695
/9/ *Kramer, D.; Meißner, R.; Taeger, H.*: Abflüsse und Rückflüsse aus der Beregnung sowie Möglichkeiten ihrer wirtschaftlichen Nutzung. WWT 32 (1982) 5, S. 155–159
/10/ *Kramer, D.; et al.*: Auswirkungen des steigenden Düngereinsatzes auf landwirtschaftlichen Nutzflächen auf die Nährstoffauswaschung in die Gewässer. Mitteilungen des IfW, (1977), 2. Sonderheft, S. 154–182
/11/ *Amberger, A.; Schweiger, P.*: P-Bilanz eines langjährigen Lysimeterversuches. Die Bodenkultur 29 (1978), S. 325–332
/12/ *Custodio, E.*: Nitrate build-up in Catalonia coastel aquifers (Nitrateintrag in katalonischen Küstengrundwasserleitern) Memoires, IAH-Kongreß Prag, 1982, Vol. XVI, Teil 1, S. 171–181 (engl.)
/13/ *Walther, W.; Scheffer, B.; Teichgräber, B.*: Ergebnisse langjähriger Lysimeter-, Drän- und Saugkerzenversuche zur Stickstoffauswaschung bei landbaulich genutzten Böden und Bedeutung für die Belastung des Grundwassers. Veröffentlichungen des Instituts für Stadtbauwesen der TU Braunschweig, Heft 40 1985
/14/ *Kramer, D.; Schulz, F.; Meißner, R.*: Influence of Agricultural Acreage Exploitation on Groundwater Quality (Einfluß der landwirtschaftlichen Flächennutzung auf die Grundwasserbeschaffenheit). Vortrag, 19. IAH-Kongreß, Karlovy-Vary 1986

wwt

Arbeit der KDT

Wasserbaukolloquium 1987 an der TU Dresden

Für den 8. Oktober hatte der Wissenschaftsbereich Wasserbau und Technische Hydromechanik an der Sektion Wasserwesen der TU Dresden zum alljährlich stattfindenden Kolloquium eingeladen. Die große Beteiligung von Fachkollegen verschiedener Institutionen und Betriebe zeigte, daß auch das relativ spezielle Thema „Überflutungssicherheit der Absperrbauwerke von Talspeichern" einen sehr breiten Interessentenkreis anspricht.

Der Begrüßung durch den Wissenschaftsbereichsleiter, Prof. Dr. sc. techn. *Römisch*, und dem Einführungsvortrag, gehalten von Prof. Dr. sc. techn. *Ludewig*, folgten sieben Fachvorträge. Dieser erste Block war dem Gesamtproblem der Überflutungssicherheit von Stauanlagen gewidmet, während die Nachmittagsvorträge spezielle Aspekte der hydrologischen- und Freibordbemessung behandelten.

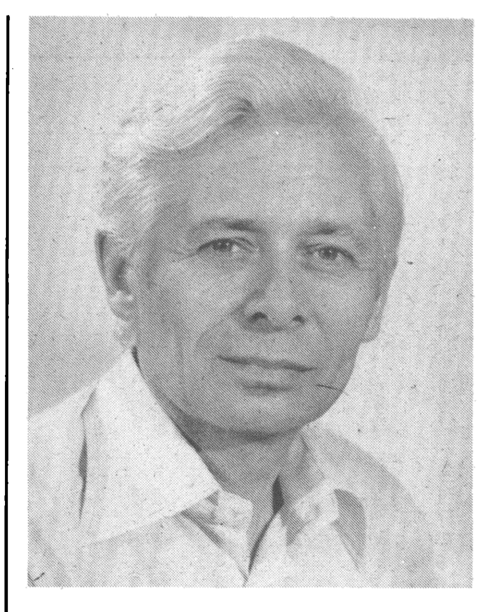
Prof. Dr.-Ing. habil. *Dyck* erörterte verschiedene Konzeptionen für die Ermittlung des Bemessungshochwassers und machte darauf aufmerksam, daß angesichts der Dynamik hydrologischer Prozesse neben der Anwendung zutreffender probabilistischer Modelle vor allem auch ein vertieftes Prozeßverständnis notwendig ist. Methoden zur Ermittlung der Überflutungssicherheit legte Doz. Dr. sc. techn. *Martin* dar. Wie die hierzu erforderlichen hydrologischen Bemessungsgrößen erhalten werden können, erläuterte Dr. sc. techn. *Hansel*. Dipl.-Ing. *Pohl* stellte ein Bemessungskonzept vor, welches sich auf eine zweidimensionale Verteilung von windwellenbedingter Freibordhöhe und hochwasserbedingter Stauhöhen bezieht. Während sich Herr *Hamad* (Aspirant/Syrien) in seinem Vortrag mit einem probabilistischen Konzept für die Berechnung maximaler Stauhöhen beschäftigte, behandelten Dipl.-Ing. *Scholz* und Dipl.-Ing. *Pohl* in weiteren Vorträgen zur Windwellenprognose und zur bauwerksnahen Wellenbewegung die andere Kenngröße dieses Bemessungskonzeptes.

Die angeregten und interessanten Diskussionen verdeutlichten das Pro und Contra komplizierter, auf dem gegenwärtigen Prozeßverständnis aufbauender Wahrscheinlichkeitsmodelle sowie den Wunsch vieler Fachkollegen nach einfach handhabbaren Bemessungsverfahren, die zuverlässige und wirtschaftlich vertretbare Ergebnisse liefern.

Herrn Doz. Dr. *Martin* ist für die fachliche und organisatorische Vorbereitung der Vortragsveranstaltung besonders zu danken. Das nächste Wasserbaukolloquium wird am 21. Oktober 1988 stattfinden, dann unter dem Thema „75 Jahre Hubert-Engels-Laboratorium" Mit diesem Thema soll daran erinnert werden, daß sich 1988 zum 90. Male die Gründung des ersten ständigen Wasserbaulaboratoriums durch Prof. Hubert *Engels* jährt, welches sich seit 75 Jahren an seinem heutigen Ort, im Bauingenieurgebäude der Technischen Universität (Beyer-Bau) befindet.

R. Pohl

Dr.-Ing. Günter Glazik zum 60. Geburtstag



Am 11. Oktober 1987 beging Dr.-Ing. Glazik seinen 60. Geburtstag. Der in Prenzlau Geborene wirkt seit nahezu 35 Jahren in der Forschung und Entwicklung des Wasserbaus, speziell im wasserbaulichen Versuchswesen. Nach einigen Jahren zum Teil leitender Tätigkeit in der Wasserwirtschaft trat er 1953 in die Forschungsanstalt für Schiffahrt, Wasser- und Grundbau, Berlin ein, wo er sehr erfolgreich an Grundlagen- und Zweckforschungsaufgaben auf fast allen Teilgebieten der Wasserwirtschaft und des Wasserbaues, ferner auf dem Gebiet der Wissenschaftsorganisation arbeitet. Sehr bald übernahm er Leitungsfunktionen und führt gegenwärtig als Fachdirektor den Bereich Versuchswesen und Mikroelektronik. Seine wissenschaftlichen Forschungsarbeiten und Gutachten, Vorträge und Lehrveranstaltungen an Hochschulen der DDR, zahlreichen Veröffentlichungen, seine umfassende Mitarbeit in inner- und überbetrieblichen Arbeitsgemeinschaften und sein Auftreten bei internationalen Kongressen und Veranstaltungen sowie im Rahmen der wissenschaftlich-technischen Zusammenarbeit haben Dr. Glazik zu einem international und national anerkannten Wissenschaftler gemacht. Seine Arbeiten verdeutlichen sein Bemühen um Praxisbezogenheit und hohe volkswirtschaftliche Nutzeffekte. Erfolge in der wissenschaftlichen Arbeit beruhen auf fundierten Fachkenntnissen, einem großen Überblick auch über Randgebiete, der ständigen eigenen Qualifizierung und einer schier unerschöpflichen Arbeitsenergie. Das wasserbauliche Modellversuchswesen betrachtet Dr. Glazik als entscheidendes Instrumentarium zur Lösung baupraktischer Aufgaben, um dessen Vervollkommnung er sich stets bemüht. Eine Vielzahl von Veröffentlichungen im In- und Ausland belegen sein überaus reiches fachliches Schaffen.

In verschiedenen Arbeitsgemeinschaften stellt er seine umfassenden Kenntnisse und Erfahrungen zur Verfügung, besonders auf den Gebieten Flußbau und hydraulisches Versuchswesen.

Seit Anfang der 70er Jahre vertritt der Jubilar als Chefdelegierter die DDR in der „Ständigen Internationalen Vereinigung der Schiffahrtskongresse (PIANC)" und der „Internationalen Vereinigung für wasserbauliche Forschung (IAHR)", er wurde bereits mit Leitungsaufgaben für diese internationalen Organisationen betraut. Über viele Jahre war er als Mitglied des Redaktionsbeirates ein wertvoller Ratgeber der Fachzeitschrift „Wasserwirtschaft – Wassertechnik" Unermüdlich gibt er sein Wissen an jüngere Fachkollegen weiter, sei es im ständigen Arbeitsprozeß, bei der Betreuung von Praktikanten, Diplomanden und Aspiranten, durch Vorträge und Vorlesungen. Für seine fachlichen Leistungen, sein Engagement bei der Erfüllung staatlicher und gesellschaftlicher Leitungsaufgaben sowie der Förderung des wissenschaftlichen Nachwuchses erhielt Dr. Glazik eine Reihe staatlicher und betrieblicher Auszeichnungen und Ehrungen, u. a. ist er mehrfacher „Aktivist", „Verdienter Techniker des Volkes", Träger der „Medaille der Seeverkehrswirtschaft" und der „Medaille für ausgezeichnete Leistungen im sozialistischen Wettbewerb" Seines tiefgründigen Fachwissens und umfassenden Könnens, seiner Leitungsqualitäten und persönlichen Eigenschaften wegen wird Dr. Glazik von seinen Mitarbeitern anerkannt und geachtet. Sie wünschen ihm auf diesem Wege beste Gesundheit, Schaffenskraft und noch viele Erfolge in seinen wissenschaftlichen und Leitungsaufgaben.

Huth
Direktor
VEB Forschungsanstalt für Schiffahrt, Wasser- und Grundbau

Jahresinhaltsverzeichnis 1987

Herausgeber:
Ministerium für Umweltschutz und Wasserwirtschaft und Kammer der Technik (FV Wasser)
Verantwortlicher Redakteur
Ralf Hellmann
VEB Verlag für Bauwesen



Sachverzeichnis
(erste Ziffer = Heft-Nr., zweite Ziffer = Seitenzahl)

Ökonomie, Leitung und Planung, Recht

Wasserbewirtschaftung, Wasserhaushalt, Grundwasser

Ökologie, Hydrobiologie, Hydrochemie

Wasserversorgung, TW-Aufbereitung

Abwasserableitung und -behandlung, Schutz der Gewässer

Wasserbau

Wassereinsatz in der Landwirtschaft

Maschinen, Geräte, Ausrüstungen

Internationale Zusammenarbeit

Veranstaltungen, Tagungen, Ausstellungen

Industriewasserwirtschaft

Sonstiges

ISSN 0043-0986	Wasserwirtschaft – Wassertechnik	Berlin	38 (1988) 1	S. 1–24